# Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung

Sigmund Theodor Stein

8270
.877

Library of
Princeton University.

Dei Sub Numine Viget

Brackett Library
Palmer Physical Laboratory

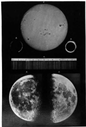
Presented by
Stephen S. Palmer
David B. Jones
Thomas D. Jones

Digitized by Google

# DAS LICHT

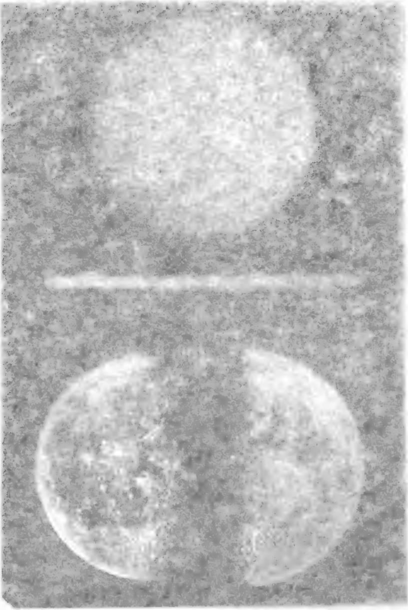
IM DIENSTE

WISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG.



Astronomische Tafel.

Lichtdruck von Strumper & C° Hamburg.



Astronomische Tafel.

Lichtdruck von Strumper & C^o. Hamburg.

Digitized by Google

# DAS LICHT

IM DIENSTE

## WISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG.

HANDBUCH
DER ANWENDUNG DES LICHTES UND DER PHOTOGRAPHIE
IN DER
**NATUR- UND HEILKUNDE,**
IN DEN GRAPHISCHEN KÜNSTEN UND DEM BAUFACHE, IM KRIEGSWESEN UND BEI DER GERICHTSPFLEGE.

VON
**DR. MED. S. TH. STEIN**
IN FRANKFURT A/M.

MIT 431 TEXT-ILLUSTRATIONEN SOWIE 12 PHOTOTYPISCHEN UND CHROMOLITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON OTTO SPAMER.

1877.

# VORWORT.

In dem vorliegenden Buche habe ich versucht, sowol im Besonderen bei den Fachgenossen, als auch im Allgemeinen in gebildeten Kreisen Interesse für einen Studienzweig zu erwecken, welcher, trotz seiner in fast alle Gebiete der Forschung eingreifenden Bedeutung zu den unbekanntesten Kapiteln wissenschaftlicher Leistungen gehört.

Während die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Lichtes heutzutage fast keinem Gebildeten mehr fremd sind, begegnet man fast niemals einem Laien, und, ich wage sogar zu behaupten, nur in seltenen Fällen einem Fachgelehrten, welchem die praktische Verwerthung der chemischen Wirksamkeit des Lichtes in ihren Einzelheiten geläufig wäre. Obwol in der Wissenschaft den verschiedensten bildlichen Darstellungsmethoden eine minutiöse Aufmerksamkeit geschenkt wird, ist eines der wichtigsten technischen Kunstfächer, die Photographie, auf keiner Universität, auf nur wenigen polytechnischen Lehranstalten heimisch, sie wird fast nirgends eingehender betrieben, fast nirgends gelehrt. Daher kommt es, dass die genannte Kunst in der wissenschaftlichen sowie in der technischen Welt in der That geringgeschätzt, nicht selten sogar missachtet wird. Diese Geringschätzung kann nur in der schwachen Kenntniss ihrer Leistungsfähigkeit für die Forschung beruhen. Diese aber ist so mannichfach und unerschöpflich, das Geschaffene so vielseitig und bedeutend, die einschlägige Thätigkeit so fesselnd und lohnend, dass es wol nur einer ernsten Anregung bedarf, um zum weiteren Anbau jenes ergiebigen Feldes wissenschaftlicher Arbeit aufzumuntern.

Während die Zeichenkunst und Malerei nur Gegenstände, die neben einander in dem Raume existiren, mit ihren sichtbaren Eigenschaften darzustellen im Stande sind, wurde es Aufgabe der Photographie, nicht allein alle im Raume existirenden Körper, sondern auch deren fortdauernde Bewegungen, welche in jedem Augenblicke der Dauer sich ändern können, sowie die augenblicklich entstehenden und vergehenden Erscheinungen im Bilde zu fesseln. Die Zeichenkunst

stellt jene sichtbaren Eigenschaften der Körper in einem bestimmten Momente dar, die Photographie dagegen verstattet die bildliche Wiedergabe rasch sich aneinander reihender Handlungen in zeitlicher Folge.

Die folgenden Kapitel sollen dem Laien einen allgemeinen Begriff sowol von den betr. physikalischen und optischen Apparaten als auch von den Leistungen der genannten Kunst geben, dem Gelehrten aber für jedes Einzelfach die Methoden der Anwendung nachweisen und den praktischen Photographen in der Handhabung der technischen Hülfsmittel unterrichten, welche er kennen muss, um sich die Ausführung wissenschaftlich photographischer Leistungen zu ermöglichen.

Ich gestehe, dass die Aufgabe, alle Gegenstände Jedem ohne grosse Mühe verständlich zu machen und dabei nicht aus einem eng begrenzten Rahmen hinaus zu treten, eine schwierige ist. Indessen habe ich mich bemüht, um Missverständnisse zu vermeiden, dem Leser die einzelnen Thatsachen so vorzuführen, dass er den richtigen Einblick sowol in die Technik photographischer Darstellung, als auch in die aus derselben gewonnenen Resultate erhält. Ich habe deshalb alle mathematischen Schwierigkeiten, besonders algebraische und trigonometrische Sätze zu umgehen gesucht; aus gleichen Gründen wurden die chemischen Formeln auf ein Minimum beschränkt, und da, wo sie vorkommen mussten, nach der älteren, allgemein bekannten Theorie wiedergegeben.

Unter den gesammelten Materialien sind diejenigen, welche die Grundlage der spezialwissenschaftlichen Kapitel bilden, den verschiedensten Quellen entnommen; dieselben sind so vereinzelt und zerstreut in der einschlägigen Literatur, besonders in den periodischen Fachschriften zu finden, dass ich durch deren Zusammenstellung sicher einem Bedürfnisse, das die bekannten allgemeinen Lehrbücher der Photographie nicht bieten, abgeholfen habe.

Im Laufe der verflossenen zwanzig Jahre habe ich das Feld, dessen Beschreibung ich mir in diesem Buche zum Ziele gesetzt, in so mannichfacher Richtung durchforscht und bebaut, dass ich wohl annehmen durfte, zur Verbreitung meiner bezüglichen Erfahrungen berufen zu sein. Um die mir gestellte Aufgabe nach den verschiedensten Seiten zu lösen, habe ich mich während der jüngsten Jahre an viele hervorragende Forscher und Institute gewandt, durch deren Arbeiten die wissenschaftliche Photographie besonders gefördert wurde. Es haben mich in erster Linie Herr LEWIS M[c] RUTHERFURD, Astronom in New-York, Herr SAMUEL B. JEFFERY, Superintendent am Observatorium zu Kew, Herr J. B. AIRY, Direktor der Sternwarte zu

Greenwich bei der Ausarbeitung der astronomischen und meteorologischen Kapitel auf das Bereitwilligste mit einem sehr reichen Materiale unterstützt. Ebenso waren Herr Professor H. W. VOGEL in Berlin, sowie Herr Regierungsrath Professor E. HORNIG in Wien stets bereit, mich durch Literaturnachweise zu unterstützen, sowie durch die Aufmunterung, welche sie meinen Bestrebungen in den von ihnen geleiteten Zeitschriften zu geben wussten, meine Arbeiten zu fördern. Ganz besonders aber muss ich an dieser Stelle meines verehrten Lehrers, des Herrn Professor J. GERLACH in Erlangen gedenken, welcher durch freundliches Entgegenkommen und anregendes Beispiel vor Jahren den Grundstein zu meinen bezüglichen Studien gelegt hat.

Der einzige deutsche Fachgenosse, welcher mein Streben, die Photographie als integrirenden Theil des naturwissenschaftlichen Unterrichts einzubürgern, schon vor mehreren Jahren anerkannt und in seinen Lehrplan eingefügt hat, war der Physiologe Professor JOHANN N. CZERMAK zu Leipzig. Er hatte auf meine Veranlassung unter der Direktion eines erfahrenen, wissenschaftlich gebildeten Photographen, des Herrn TH. HONIKEL aus Würzburg, das erste Stockwerk seines prächtigen Laboratoriums (vgl. S. 463) für die Pflege der wissenschaftlichen Photographie einrichten lassen, um daselbst eine Centralarbeitsstätte für die Förderung der genannten Kunst zu begründen. Leider hat der Tod uns den genialen Forscher auf der Höhe seiner Thätigkeit entrissen. Seine Schöpfungen, welche er der Universität Leipzig testamentarisch zugewiesen hat, stehen verwaist und trauernd an den geschlossenen Pforten der Alma Mater.

Mögen sich in letzter Stunde Männer finden, welche die Ideen CZERMAK's zu verwirklichen und seine trefflichen Institutionen einer der ersten Hochschulen Deutschlands zu erhalten verstehen! —

Bezüglich der äusseren Ausstattung des vorliegenden Buches hat die Verlagsbuchhandlung, wie ein erster Blick in die technische Ausführung der Abbildungen sowie des Druckes beweist, keine Mühen und Kosten gescheut, um dem Werke eine glänzende ansprechende Form zu verleihen. Der bei weitem grössere Theil der im speziellen Abschnitte des Buches vorhandenen Illustrationen sind nach eigenen Zeichnungen und Photographien neu angefertigt, während die im allgemeinen Theile enthaltenen Abbildungen photographischer Apparate dem in dem gleichen Verlage erschienenen MONKHOVEN'schen Lehrbuche der Photographie entnommen sind. Die in dem astronomischen und spektralanalytischen Kapitel befindlichen Holzstiche aus den einschlägigen Werken von ROSCOE, SCHELLEN und SECCHI wurden von den betreffenden Verlagsbuchhandlungen geneigtest zur Verfügung gestellt.

Bei der Beschaffung der photographischen Tafeln haben mich die Künstler Albert in München, Brauneck und Maier in Mainz, Römler und Jonas in Dresden, Scamoni in St. Petersburg, Strumper und Comp. in Hamburg, Gemoser und Waltl in München, Aubel und Kaiser in Lindenhöhe bei Köln und H. Graap in Weimar in der entgegenkommendsten und uneigennützigsten Weise unterstützt.

Allen genannten Herren spreche ich hiermit öffentlich meinen Dank, sowol für ihre wissenschaftliche, als technische Beihülfe aus.

Was die spezielle Anordnung des gebotenen Materials anbelangt, so glaubte ich von den Lehren des Lichtes und der Photographie im Allgemeinen ausgehen zu müssen, um für die wissenschaftlich-technischen Anwendungen den Leser vorzubereiten. Durch Vermeidung überflüssiger theoretischer Ausführungen hoffe ich ein praktisches Handbuch zum Arbeiten für den Fachmann geliefert zu haben. Der Astronom, der Physiker, der Chemiker, der Arzt, der Techniker und der Praktiker der Kriegswissenschaft — Alle werden das in dem Buche finden, was in den betreffenden einzelnen Wissenschaften bezüglich der Photographie geleistet wurde, und die Methoden, die Mittel und Wege, wie diese Leistungen entstanden sind, theoretisch und praktisch nachgewiesen sehen. Die unvermeidlichen Schwächen, welche einem jeden derartigen Erstlingswerke und insbesondere dieser für viele Zweige der Forschung in der That noch ganz neuen Hülfswissenschaft inne wohnen, wolle der Kritiker mit Nachsicht beurtheilen.

Sollten durch dieses Buch die in der Einleitung (S. 6) aufgestellten Ziele erreicht werden, sollten durch dasselbe einerseits dem Laien einige Bausteine zu dem Tempel seiner naturwissenschaftlichen Bildung zugetragen sein, sollte anderseits das geistige und materielle Schaffen auf unseren höheren Schulen und Universitäten durch meine Vorschläge gefördert werden, so ist meine Mühe keine vergebliche gewesen. Insbesondere aber hoffe ich, dass recht viele Jünger der neuen Kunstwissenschaft sich anschliessen und solche als unentbehrliches Hülfsmittel bei dem Studium der exakten Wissenschaften betrachten werden.

Frankfurt a. M., 15. August 1876.

**S. Th. Stein,**
Dr. med. et phil.

Die vor Benutzung dieses Buches gefl. vorzunehmenden Berichtigungen sind auf S. 480 verzeichnet.

# INHALTS-UEBERSICHT.

---

## Notiz für den Buchbinder, betreffend die Einfügung der Tafeln.



---

# ILLUSTRATIONEN-VERZEICHNISS.

# DAS LICHT

IM DIENSTE

# WISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG.

# EINLEITUNG.

Unsere schöpferische, überall auf Neugestaltung hinwirkende Zeit hat die drei mächtigen Erscheinungen, den Dampf, die Elektrizität und das Licht auf fast allen Gebieten des Wissens theoretisch und praktisch zu benutzen verstanden.

Wenn wir in die Geschichte der jüngsten Jahrzehnte zurückblicken, so finden wir, dass die meisten Fortschritte in den einzelnen Zweigen, sowol der Kunst und Industrie, als des exakten Studiums, auf dem Gebiete der Medizin und Chirurgie wie der Naturforschung überhaupt, von den Entdeckungen in der Physik und Chemie ausgegangen waren.

Der »*Kampf um's Dasein*« macht nicht nur seine Rechte in der Entwicklungsgeschichte der Geschöpfe geltend; jene DARWIN'sche Lehre ist vielmehr das Grundprinzip alles Denkens und Seins, alles Forschens und Strebens. Jede grosse neue Idee, wissenschaftlich begründet und praktisch verwerthet, erweitert oder verdrängt eine früher zu Tage geförderte Errungenschaft, selbst wenn solche auch zu den besten ihres Zeitalters gehört haben mag.

Gefördert wird jetzt diese Richtung geistiger Arbeit ganz besonders durch eine Erscheinung, die ihre Erklärung in der steten Zunahme des Ineinanderlebens der menschlichen Gesellschaft und deren einzelner Berufszweige findet: es ist das Zusammenwirken von Wissenschaft und praktischer Arbeit.

Zu Ende des vorigen und zu Anfang unseres, an grossen Entdeckungen und Reformen so reichen Jahrhunderts fing man an, das Chaos metaphysischer Weltanschauung durch das Hereinziehen der praktischen, objektiven Untersuchung in die Wissenschaft, zu sichten und zu klären. Schon früher von den Fesseln der Scholastik befreit, kehrte man nun allen Ernstes zur direkten Erforschung der Naturkräfte zurück; nach dem Vorgange des grössten Naturphilosophen des Alterthums,

des hehren Aristoteles, untersuchte man an der Hand des Experimentes und erkannte, dass durch die Entdeckungen eines Galvani und Volta, eines Lavoisier und Gay-Lussac, eines Alexander von Humboldt und Liebig die Wiedergeburt der geistigen Arbeit erfolgen werde.

Nicht nur durch Studium und Forschung allein sind jene Wahrheiten zu Tage gefördert worden, sondern, wie die Geschichte der Erfindungen lehrt, sind sehr viele Entdeckungen die Folge eines von einem scharfsinnigen Beobachter glücklich benutzten Zufalles.

Die Praxis bediente sich jener reichen Funde, ohne nach deren Ursprung und Wesen zu fragen. Das brauchbare Resultat war genügend; es erleichterte und verschönerte das bürgerliche Leben. Die praktische Verwerthung aber blieb der Wissenschaft meistentheils noch fremd, zu deren Bereicherung sie so wesentlich hätte beitragen können.

Während Elektrizität und Galvanismus für die gegenseitige Annäherung der Völker dienstbar gemacht wurden, während der Dampf den heutigen weltbewegenden Verkehr geschaffen und zur Hebung und Förderung der Industrie in ungeahntem Masse beigetragen, während die Lehre vom Schall ihre praktische Verwerthung in der Musik gefunden, war es den Strahlen der Sonne vorbehalten, auf den verschiedensten Gebieten der Wissenschaft und der Kunst durch die *Photographie* in mannichfacher Richtung Grosses und Bewundernswerthes zu leisten. Wie die anderen genannten Fächer wurde auch sie in erster Linie dem praktischen Leben nutzbar gemacht, bis in der jüngsten Zeit ihre Leistungsfähigkeit für wissenschaftliche Studien erkannt wurde, um in wenigen Jahren zu bedeutenden und erfolgreichen Resultaten zu führen.

Als eine der jüngstgeborenen Töchter der Naturforschung, überragt die Photographie ihre Geschwister, die Telegraphie, die Galvanoplastik, die Maschinenindustrie durch ideale Eigenschaften; denn während diesen aus den angewandten Lehren der Physik entsprossenen Fächern lediglich die praktische Seite des Lebens als Feld der Thätigkeit eröffnet ist, zeigt sich in ihren mit dem Glanze der Schönheit und Formenfülle ausgestatteten Schöpfungen eine stete Förderung höherer Ziele; neben ihrer gewerblichen Wirksamkeit, in welcher sie nur für die Befriedigung der gewöhnlichen Anforderungen zu sorgen hat, ist sie demnach eine *Kunst*, erlöst von der ausschliesslichen Dienstbarkeit des Zweckes und Bedürfnisses. Zu diesem ihrem Grundwesen, zu dieser innigen Verbindung des Schönen mit dem Nothwendigen, gesellt sich ihre Thätigkeit für die Forschung; sie trat in den Kreis der Fächer ein, welche die Entwicklung der Naturwissenschaften zu fördern bestimmt sind, und eröffnete in freigebigster Weise auch allen anderen exakten Wissenszweigen das reichste Feld erweiterter Thätigkeit und Vervollkommnung. —

Durch Licht entstanden, hat die Photographie nicht vergessen, dass sie auch der Wissenschaft ihre erleuchtende Kraft zu weihen hat, und sind die bereits von ihr geleisteten Dienste mannichfach, so werden sich dieselben in der Zukunft noch als ungleich vielseitiger erweisen.

Und welche Fülle von schöpferischen Leistungen bietet sich hier unserem Auge dar! Nicht nur die Sitten und das Leben fremder Völkerschaften werden uns durch die wissenschaftliche Photographie in staunenswerther Treue übermittelt, sondern auch zu einem Ausflug in den weiten Weltenraum ermuthigt uns die junge und doch so leistungsfähige Kunst. Die photographischen Sonnen- und Mondkarten, die Aufnahme der Planeten und Kometen, die Erscheinungen auf der Sonne, die insbesondere zur Zeit der Finsternisse sichtbaren Protuberanzen, alle normalen und abnormen Phänomene der Weltkörperbewegungen, werden in den engen Bereich der Camera obscura festgebannt und durch die Einwirkung der auf die empfindliche Platte ausgesendeten Strahlen der Mit- und Nachwelt zu vergleichenden Studien überliefert.

Wie ein Naturforscher, der aus fremden Welttheilen zurückkehrt, die Ergebnisse seiner Wanderungen an der Hand erläuternder Lichtbilder allgemein verständlich zu entwickeln sucht und die Abbildungen von Pflanzen, Thieren und seltenen Naturgebilden dem Auge des Beschauers vorführt, so ist jetzt auch dem Astronomen, der mit dem mühsamsten Fleisse die Resultate seiner Forschungen, die Form und Beschaffenheit der Weltkörper, ihre Stellung im Raume, ihre Bewegung und gegenseitige Abhängigkeit zum allgemeinen Verständniss brachte, die Gelegenheit geboten, die Fernen des Himmels, die er durchforscht, sowie die wunderbaren Gesetze des Kreislaufes der Gestirne durch die abzubildenden Phasen der Himmelskörper in photographischer Darstellung wiederzugeben.

Auch die mit den astronomischen Fächern so nahe verwandte Meteorologie erfreut sich reichlich der Leistungen unserer Kunst. Es wirken nämlich bei dieser Wissenschaft, während bei den Gesetzen der Astronomie eine beschränkte Anzahl scharf begrenzter Bedingungen zu Grunde liegen, gewöhnlich zufällige Einflüsse bald mehr bald weniger kräftig mit, und diese vorübergehenden, aber in unbestimmten Intervallen wiederkehrenden Erscheinungen durch das Licht zu fesseln, ist wiederum die Aufgabe der Photographie. Wir werden in unserem Werke Gelegenheit haben nachzuweisen, wie der Gang der Quecksilbersäule an Barometer und Thermometer sich beständig durch die Einwirkung des Lichtes von selbst aufzeichnet, wie die konstanten magnetischen Strömungen sowol als die Abweichungen und Stürme durch die Magnetnadel selbst ihre perpetuirlichen Eindrücke dem lichtempfindlichen

Papiere hinterlassen. Der rasche Blitz und das farbenreiche Nordlicht werden gezwungen, Zeichen ihres rasch vorübergehenden Erscheinens in einer Schärfe und Naturtreue der besilberten Platte aufzudrücken, wie solche bei der überraschenden Schnelligkeit des Hervortretens dieser Phänomene niemals der trefflichste Zeichner festzuhalten im Stande wäre.

Als Ersatz der Zeichenkunst leistet die Photographie insbesondere dem Anatomen und Physiologen ganz unübertreffliche Dienste und erschliesst besonders dem Forscher auf dem Gebiete der Mikroskopie ein grosses Feld der beschauenden Thätigkeit, indem die empfindliche Platte, wie wir durch reichliche Nachweise zeigen werden, nicht nur die Einzelnheiten der durch den Tubus des Mikroskopes betrachteten Bilder in bedeutender Vergrösserung wiedergiebt, sondern auch viel empfindlicher als die Netzhaut unseres Auges ist und die kleinsten Formverschiedenheiten in sich aufnimmt, welche wir mit den besten Instrumenten bei direkter Beobachtung nicht mehr zu erkennen vermögen. Besonders zur Beseitigung falscher Auffassungen in Betreff gewonnener Bilder, bietet die Photographie dem Forscher eine sichere Handhabe. Gerade in dieser Hinsicht stand der Naturforscher, insbesondere der Arzt, wenn er selbst des Stiftes nicht mächtig war, stets in Abhängigkeit von dem Hineintragen subjektiver Anschauungen in die Objektivität des zu schaffenden Bildes; er war auf die helfende Hand des Zeichners angewiesen, und so machten sich immer zweierlei Anschauungen geltend, die rein mechanisch schaffende des Zeichners und die denkend erklärende des Forschers.

Wie schwierig z. B. war es für den Augen- und Ohrenarzt, einen geschulten Künstler zu finden, um die inneren normalen und pathologischen Gebilde der bezüglichen Organe richtig wiederzugeben und wie selten ist es dem Chirurgen möglich oder vergönnt, bei interessanten Fällen einen Zeichner überhaupt beizuziehen; und fast unmöglich ist es zu nennen, dass ein Nichteingeweiheter das geheimnissvolle Bild des Kehlkopfspiegels darzustellen im Stande sei!

Alle diese Erscheinungen können recht eigentlich Objekte photographischer Thätigkeit werden, sobald sich die Fachgenossen entschlossen haben, *selbst* diese einfache Kunst zu erlernen und dazu hoffen wir durch unser Buch förderliche Anregung gegeben zu haben.

Dass ferner die Photographie als Zweig der Naturlehre, mit diesem ihrem Mutterstamme innig verbunden, auch in deren speziellen Lehren eine reichliche Anwendung zu finden bestimmt ist, erkennen wir schon aus vielfach vorhandenen photographischen Abbildungen physikalischer und chemischer Maschinen, Apparate und Instrumente; aber nicht nur diese Instrumente selbst darzustellen ist die Photographie berufen, sie

erweist sich noch weit dienstbarer in der Veranschaulichung der mittelst dieser Instrumente dargestellten Experimente, so der elektrischen Phänomene, der akustischen Klangfiguren, der optischen Erscheinungen der wunderbaren Spektralanalyse, besonders aber der chemischen Lichtmessungen in der Photometrie. Wie übrigens hier durch die Wirkung des Lichtes das Licht selbst gemessen wird, so sind auch in forensischer Beziehung die Wirkungen desselben geeignet, in die düstere Schattenwelt des Verbrechens den klärenden Strahl zu senden.

Nicht nur durch den zu photographirenden mikroskopischen Nachweis des Blutes, nicht nur bei Beurtheilung giftiger Stoffe und anderer der Prüfung des Gerichtsarztes unterliegender Beweismomente ist dem Richter und Geschworenen eine leicht zu benutzende und augenfällige Handhabe mittels Vorlegung photographischer naturgetreuer Bilder zu bieten, auch für den Criminalisten selbst ist die direkte Anwendung der Photographie zur Darstellung von Oertlichkeiten, die einen Thatbestand beweisen sollen, sowie zur Wiedergabe verdächtiger Physiognomien von unschätzbarem Werthe. — Durch Vereinigung mit der lithographischen Schnellpresse ist es möglich, in einigen Stunden Hunderte von photographischen oder phototypischen Abbildungen herzustellen und so unterstützt durch die Geschwindigkeit des Telegraphen den entflohenen Verbrecher zu ereilen.

Gerade in der Uebertragung der Photographie auf die graphischen Künste liegt die Grösse ihrer Zukunft; die Buchdruckerkunst wird künftig den Ersatz ihrer Holzschnitte auf photographischem Wege direkt auf Metall erzeugen und besitzen wir heute schon in der Heliographie, welche auf rein photochemischem Wege den Grabstichel des Kupferstechers und Xylographen ersetzt, den glänzenden Beginn dieser bald alle Industriezweige beherrschenden Anwendung unserer Kunst. — Aber nicht nur Kunst, Wissenschaft und Technik beeilen sich aus der Photographie unschätzbaren Nutzen zu ziehen, auch die Männer des Krieges haben die friedliche Kunst in den Bereich ihrer Thätigkeit gezogen und geben die Arbeiten des Photographiedétachements im Generalstabe des Deutschen Heeres, während des jüngsten denkwürdigen Feldzuges in Frankreich, das beredteste Zeugniss für die Vielseitigkeit der Verwendung photographischer Kenntnisse. — Von weitester Ferne ist nämlich der Belagerer im Stande, die sicheren Zielobjekte seiner Artillerie photographisch aufzunehmen, aus der Perspektive dieses Bildes trigonometrisch die Entfernung zu bemessen und die Terrainverhältnisse mit mathematischer Gewissheit zu projiziren.

Sind nun die mannichfachsten Bilder durch das Zusammenwirken von Kunst und Naturkraft, sowie von Wissenschaft und Arbeit erzielt,

so bietet uns die Anwendung der Camera in Verbindung mit vergrössernden Linsenkombinationen in dem *Projektionsapparate* der verbesserten Laterna magica, ein treffliches Hülfsmittel zur Unterhaltung und Belehrung. Die Pracht ferner Gegenden, die Resultate der Astronomie, die Farbenpracht des Sonnenspektrums, die Errungenschaften anatomischer und physiologischer Studien, die Krystallisationsgesetze der Mineralogie und Chemie, das Leben der kleinsten Wesen der Luft und des Meeres, die makroskopischen und mikroskopischen Bilder des pflanzlichen, thierischen und menschlichen Körpers, die Maschinen und Apparate, welche Zeugniss geben von der rastlosen Thätigkeit in Kunst und Industrie — sie alle ziehen als photographische Spiegelung in endloser Vergrösserung belehrend über die weisse Wand des Hörsaales, ein Geschenk der Camera obscura und der lichtempfindlichen Platte.

Ist die Ueberzeugung, dass der geschilderte Anschauungsunterricht eine bedeutende Beihülfe gewährt, erst in die massgebenden Fachkreise eingedrungen, hat man sich von der fesselnden Kraft, welche ein durch solche Mittel unterstützter Vortrag auf den Zuhörer ausübt, überzeugt, dann wird auch der Unterricht in der praktischen Ausübung der Photographie zum allgemeinen Bedürfnisse werden. Nicht allein auf Gewerbeakademieen und polytechnischen Anstalten, nicht nur zur Ausbildung von Fachphotographen sollte diese Kunst gelehrt werden, sondern jede höhere Schule, jede Universität müsste den Besuchern Gelegenheit bieten, sich eine gewisse, so leicht zu erreichende Technik in dem genannten Fache anzueignen. Der Schüler muss in den Stand gesetzt werden, ebenso wie es ihm frei steht, durch Erlernung der Stenographie, die Worte des Lehrers zu sammeln, auch die Bilder, welche Kunst und Natur ihm vorführen, im Augenblicke zu fesseln und den Wissensschätzen, die er im geschriebenen Worte besitzt, die selbstgeschaffene erklärende Abbildung beizufügen.

Auf diese Weise wird die Photographie dahin gelangen, den künftigen Forschern auf allen Gebieten des Wissens und Könnens die Mittel an die Hand zu geben, die augenblicklichen Erscheinungen der Natur durch das Licht zu fixiren, als ein Bleibendes zu bewahren und aus dem Meere flüchtiger Erscheinungen die sichere Ueberzeugung von den herrschenden Gesetzen festzuhalten. So wird sich das Wort Göthe's auch hier bewahrheiten, was er uns durch den Mund des Herrn der Heerscharen offenbart:

»Das Werdende, das ewig wirkt und lebt,
»Umfass' Euch mit der Liebe holden Schranken,
»Und was in schwankender Erscheinung schwebt,
»Befestiget mit dauernden Gedanken.« —

# I.

# ALLGEMEINER THEIL.

## ERSTES KAPITEL.

## GESCHICHTLICHES.

Wie jede andere Wissenschaft ist auch die Photographie nicht auf einmal und plötzlich in ihrer heutigen Vollkommenheit entstanden, sondern sie hat ebenso ihre bedeutsamen Phasen einer allmählichen Entwicklung durchlaufen, und so bekannt dieselbe heute ist, so sind die ersten Leistungen, denen sie ihre Entstehung verdankt, doch schon fast der Vergessenheit anheim gefallen. Wohl weiss man, dass die Arbeiten Daguerre's den ersten Anstoss zur weltbewegenden Erfindung gegeben haben, dagegen ist den Wenigsten bekannt, dass die berühmten Naturforscher Wedgewood und Humphry Davy sowie ein französischer Privatmann, Joseph Niepce, es waren, welche lange vor Daguerre Versuche angestellt hatten, die Bilder der Camera obscura festzuhalten und hierdurch Photographieen herzustellen. Noch aus viel früherer Zeit sogar ist uns eine merkwürdige Sage überliefert, die auf die künftige Erfindung der Photographie anspielt, und welche K. de Roth in dem Photographischen Archive, Jahrgang 1863, in einer interessanten Notiz aus der »Giphantie« von Tiphaine von Laroche mittheilt. Die Giphantie ist eine zu Cherbourg im Jahre 1760 gedruckte Schrift, wovon ein Exemplar auf der Staatsbibliothek in Paris zu finden ist. G. Tiphaine, dessen Name mit versetzten Buchstaben im Titel ausgedrückt ist, beschreibt darin auf unterhaltende Weise seine Visionen, Ansichten und Kenntnisse.

»Während eines Sturmes wird Tiphaine eines Tages in den Palast der Elementargeister geführt und ihr Oberhaupt weiht ihn in ihre Arbeiten und Geheimnisse ein. »»Du weisst««, sagt er zu ihm, »»dass die Lichtstrahlen, von den verschiedenen Körpern zurückgeworfen, ein Bild geben und die Körper auf allen glänzenden Flächen, z. B. auf der Netzhaut des Auges, im Wasser und in den Spiegeln abbilden. Die Elementargeister haben diese flüchtigen Bilder zu fixiren gesucht. Sie haben einen sehr feinen Stoff zusammengesetzt, der sehr klebrig und sehr

geneigt ist, trocken zu werden und sich zu erhärten; mit Hülfe desselben wird in einem Augenblick ein Gemälde gemacht. Sie überziehen mit diesem Stoffe ein Stück Leinwand und bringen diese vor die Gegenstände, welche sie abbilden wollen. Die erste Wirkung der Leinwand ist diejenige eines Spiegels; man sieht darin alle nahen und fernen Körper, wovon das Licht ein Bild entwerfen kann. Aber was ein Spiegel nicht vermag, die Leinwand hält durch ihren klebrigen Ueberzug die Bilder fest. Der Spiegel gibt uns zwar die Gegenstände getreu wieder, aber er behält keinen zurück: unsere Leinwand gibt sie nicht weniger getreu wieder, aber hält sie auch alle fest. Diese Aufnahme der Bilder ist das Geschäft des ersten Augenblicks, die Leinwand nimmt sie auf. Man nimmt dieselbe auf der Stelle weg und bringt sie an einen dunkeln Ort. Eine Stunde später ist der Ueberzug getrocknet und man hat ein Gemälde, welches um soviel schätzbarer ist, weil keine Kunst die Wahrheit desselben erreichen und die Zeit es auf keine Weise beschädigen kann. Wir nehmen aus der reinsten Quelle, aus dem Stoffe des Lichtes, die Farben, welche die Maler aus verschiedenen Materien ziehen, welche die Zeit niemals unverändert lässt. Die Genauigkeit der Zeichnung, die Mannichfaltigkeit des Ausdrucks, die mehr oder weniger kräftigen Pinselstriche, die Abwechselung in den Schattirungen, die Regeln der Perspektive: dies Alles überlassen wir der Natur, welche mit jenem sich immer gleichbleibenden, sichern Gange auf unsere Leinwand Bilder malt, welche die Augen täuschen und die Vernunft zweifeln machen, ob die sogenannten wirklichen Dinge nicht eine andre Art von Trugbildern sind, welche Augen, Ohren, Gefühl, ja, alle Sinne zusammen täuschen.«« —

»Der Elementargeist ging dann auf einige physikalische Einzelnheiten ein: zuerst über die Natur des klebrigen Körpers, welcher die Strahlen auffängt und zurückhält; zweitens, über die Schwierigkeiten seiner Bereitung und Anwendung; drittens, über das Spiel des Lichtes und dieses getrockneten Körpers; drei Probleme, die ich den Physikern unserer Tage vorlege und ihrem Scharfsinne anheimstelle. Wenn man die dunkeln Andeutungen Tiphaine's in die verständliche Sprache der photographischen Gegenwart überträgt, wird man darin die Summe unserer Errungenschaften und die Traumbilder unserer Hoffnungen wieder finden.« — Die vorstehenden Mittheilungen aus der »Giphantie« sind nach Mayer und Pierson's Auszuge von K. de Roth mitgetheilt; sie finden sich auch, nach des Genannten Bericht, in »Tournier, le Vieux-Neuf«. Ausserdem spricht Jobard (»Histoire des nouvelles inventions«) von einer franz. Uebersetzung eines vor 300 Jahren geschriebenen deutschen Buches, worin sehr deutlich von der Photographie geredet würde. Das Buch soll auf der Königl. Bibliothek in Berlin vorhanden sein. —

Kehren wir von dieser kleinen Abschweifung wieder zu unseren Forschern Wedgewood und Davy zurück.

Die Genannten unternahmen es, auf Scheele's und Sennebier's Voruntersuchungen gestützt, vermittels der Camera obscura und des Sonnenmikroskops wissenschaftliche Abbildungen durch Benutzung der chemischen Wirkungen des Lichtes darzustellen. Sie bestrichen Leder und Papier mit Chlorsilberlösung und stellten auf diesem Materiale ihre Abbildungen dar; sie verfertigten durch Auflegen flacher Gegenstände auf präparirte lichtempfindliche Flächen Abbildungen von Blättern und Insektenflügeln, von Glasmalereien und Silhouetten.

Die photographischen Blätterdrucke bilden noch heute ein ausgiebiges Feld der Unterhaltung und Belehrung. Legt man ein frisch abgepflücktes Pflanzenblatt auf ein Stück lichtempfindliches Papier, den Blattrücken nach oben und setzt das Papier mit dem aufliegenden Blatte zwischen zwei Glasplatten zusammengepresst dem Sonnenlichte aus, so wird sich das Blatt mit dem feinsten Geäder auf dem Papiere abbilden (Fig. 1). Derartige Bilder waren schon Wedgewood und Davy im Stande hervorzubringen, sie konnten jedoch, trotz mannichfacher Versuche kein Mittel auffinden, um das erhaltene Bild vor der nachfolgenden Einwirkung des Lichtes zu schützen, d. h. es vor weiterem Nachdunkeln und Verbleichen zu hüten; man nennt diesen Vorgang in der heutigen Sprache der Photographie: »Fixirung«. Nachdem es den Bemühungen Davy's und Wedgewood's nicht gelungen war, ein haltbares Lichtbild zu erzielen, fielen die gewonnenen Resultate wieder der Vergessenheit anheim, ja sogar als Herschel im unterschwefligsauren Natron ein Fixirungsmittel entdeckt hatte, wurde diesem Funde nur theoretischer Werth beigelegt, und das wichtige Ergebniss trug für die weitere Ausbildung der Photographie keine Früchte.

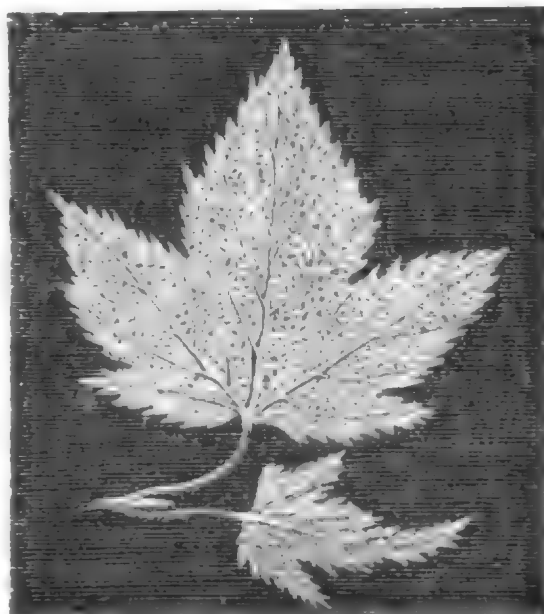


Fig. 1. Blätterdruck.

Joseph Nicéphore Niepce (geb. 7. März 1765, gest. 5. Juli 1833) war der Erste, dem es gelang, den durch die chemischen Wirkungen des Lichtes erzielten Abbildungen eine Haltbarkeit und Dauer zu verleihen, was vor ihm Niemand erreicht hatte. Niepce lebte in ländlicher Zurückgezogenheit auf seinem Gütchen Maison des gras bei Châlons sur

Saône, woselbst er sich mit naturwissenschaftlichen Privatstudien beschäftigte. Im Jahre 1814 begann er, sich mit Studien über die Einwirkung des Lichtes auf Asphaltlösungen zu befassen, in welchen Arbeiten ihn sein Bruder, der Mechanikus war, unterstützte. Er legte die damals neu erfundene Methode der Lithographie seinen Untersuchungen zu Grunde, und stellte sich Anfangs nur die Aufgabe, den lithographischen Stein durch ein anderes leichter zugängliches Material zu ersetzen. Er kam dadurch auf die Idee, metallische Platten zu benutzen und auf denselben durch die alleinige Thätigkeit des Lichtes Abbildungen hervorzubringen. Zu diesem Zwecke überzog er eine polirte Zinkplatte mit in Lavendelöl aufgelöstem Asphalt; er firnisste einen Kupferstich, um denselben durchsichtig zu machen, legte ihn mit der Bildseite auf die präparirte Zinkplatte und exponirte diese Zurichtung dem Lichte. Die schwarzen Stellen des Bildes absorbirten die Lichtstrahlen, die weissen dagegen liessen das Licht durchgehen, das nun den Asphalt bleichte und chemisch veränderte. Das Fixiren des gewonnenen Bildes gelang ihm durch Eintauchen der Platte in ein Gemisch von Lavendelöl und Steinöl, und dadurch löste er die Theile des Harzes auf, welche vom Lichte nicht verändert worden waren. Schliesslich wusch er das Bild mittels warmen Wassers. Dies war der Grundversuch seiner Erfindung im Jahre 1822.

Fig. 2. Joseph Niepce.

Zwei Jahre später war er schon im Stande, die Bilder der Camera obscura auf präparirten Tafeln festzuhalten, indem er Schatteneffekte durch Behandlung der Platte mit Jod oder Schwefelkaliumdämpfen verstärkte. Letztere Behandlungsweise gab unstreitig den Anlass zu der Erfindung Daguerre's (geb. 18. Nov. 1787, gest. 10. Juli 1851).

Digitized by Google

Daguerre, ein Pariser Maler, der Erfinder des Dioramas, hatte sich, ohne von Niepce's Versuchen Kenntniss zu haben, infolge seiner Studien über Effekte der Lichtwirkungen für Dioramenbilder, seit Jahren mit dem Gedanken getragen, die Bilder der Camera obscura zu fixiren. Unterstützt und angefeuert durch die Rathschläge seines Freundes, des berühmten Optikers Charles Chevalier, arbeitete Daguerre eifrig an der Erreichung des vorgesteckten Zieles, konnte aber lange Zeit, wie die meisten seiner Vorgänger, zu keinem Resultate gelangen — bis es ihm im Jahre 1826 glückte, die Kohlenzange seines Herdes auf einer chemisch präparirten Platte mittels der Camera obscura auf kurze Zeit darzustellen.

Fig. 3. Louis Daguerre.

Weil aber das Bild keine Haltbarkeit zeigte, hielt Daguerre das sehnlichst erhoffte Ziel, dauerhafte Bilder auf dem genannten Wege zu erreichen, für eine Unmöglichkeit und stellte ziemlich hoffnungslos seine bezüglichen Arbeiten wieder ein.

Da hörte er eines Tages durch seinen Freund Chevalier, bei welchem ein Verwandter von Niepce einige optische Hülfsmittel für diesen gekauft hatte, dass weit in der Provinz ein Mann seit zwölf Jahren das gleiche Ziel anstrebe, ja, dass derselbe schon ein recht nennenswerthes Resultat erreicht habe. Dieses bestand in der photographischen Reproduktion eines Christuskopfes, welches Niepce dem Optiker zugeschickt hatte. Durch diese Thatsache angeregt, beschloss Daguerre, seine photographischen Arbeiten von Neuem wieder aufzunehmen, und mit Niepce sich zu verbinden. — Er schrieb wiederholt an denselben, um ihn zu gemeinschaftlicher Thätigkeit zu veranlassen. Niepce jedoch verhielt sich stets zurückhaltend und ablehnend, dagegen liess sich Daguerre nicht abschrecken; er unterhielt einen

dreijährigen Briefwechsel mit Niepce, ohne das Geringste über dessen Methode zu erfahren. Selbst bei einer persönlichen Begegnung mit Niepce waren Daguerre's Bemühungen erfolglos. Erst nachdem Niepce von einer Reise nach England zurückgekehrt war, woselbst er durch Vermittelung des berühmten Botanikers Francis Bauer der Royal Society zu London Proben seiner Erfindung vorgelegt und sich dadurch die Priorität der Entdeckung gewahrt hatte, machte er seinem seitherigen Rivalen Daguerre den Vorschlag einer geschäftlichen Verbindung, um gemeinsam das bisher für unerreichbar gehaltene Problem zu erzielen. Am 14. Dezember 1829 schlossen beide zu Châlons sur Saône einen Vertrag auf zehn Jahre ab, worauf sie sich gegenseitig ihre Entdeckungen und Erfindungen mittheilten und Einer auf die Erfolge des Anderen gestützt, Jeder in seiner Weise, den eignen Weg weiter verfolgten. Wie bei den meisten grossen Erfindungen war es wiederum der Zufall, welcher an der Hand praktischer Erfahrungen auf den richtigen Weg führte. Die Versuche Niepce's, Joddämpfe anzuwenden, veranlassten Daguerre jodirte Silberplatten zu präpariren. Einst war ein Löffel auf einer solchen Platte liegen geblieben, welcher unerwarteter Weise durch die Einwirkung des Tageslichtes auf der Silberscheibe abgebildet erschien; dieser Umstand wies den Forschungen Daguerre's einen neuen Weg an; Resultate knüpften sich an Resultate, bis er im Jahre 1838 mit seiner Erfindung an die Oeffentlichkeit treten konnte.

Niepce dagegen war es nicht vergönnt, selbst den Lohn seiner langen Mühen zu ernten und die Freude der Anerkennung, den endlichen Triumph zu erleben. Er starb arm und vergessen am 3. Juli 1833 auf seinem Landsitze zu Châlons, woselbst er von dem verzweifelten Gedanken verfolgt dahinsiechte, zwanzig Jahre seines rastlosen Strebens einer unfruchtbaren Idee geopfert zu haben.

Daguerre aber machte einen neuen finanziellen Vertrag mit dem Sohne seines früheren Genossen, wogegen ihm derselbe das ganze Material seines Vaters auslieferte. Daguerre arbeitete nun allein, still und im Verborgenen. Da brachte das Jahr 1839 der Welt die Kunde, dass es ihm gelungen sei, die Bilder der Camera obscura festzuhalten. Am 7. Januar 1839 verkündete Arago in einer öffentlichen Sitzung der Akademie der Wissenschaften, »dass Louis Mandé Daguerre dahin gelangt sei, in vier bis fünf Minuten durch die Macht des Lichtes Bilder und Zeichnungen zu schaffen, welche mit mathematischer Genauigkeit mit einer bis jetzt ungeahnten Zartheit die Natur bis in die feinsten Einzelheiten wiedergäben«. Die Tragweite der Erfindung wurde sofort erkannt. Um dieselbe dem französischen Volke und der civilisirten Welt zu erhalten, beschloss die Deputirtenkammer auf Vorschlag des Ministers des Innern,

Daguerre gegen Veröffentlichung seiner Methoden eine lebenslängliche Rente von jährlich sechstausend Franken und seinem Theilhaber, dem Sohne Niepce's, eine solche von viertausend Franken zu gewähren. In der Höhe der Summe sollte eine Auszeichnung von Seiten der französischen Regierung und eine Dankeshuldigung von Seiten des Volkes erblickt werden.

Durch die Veröffentlichung dieser Beschlüsse wurde der Name des schon vergessenen Joseph Niepce wieder verehrungsvoll genannt. Wie Columbus durch des Amerigo Vespucci Fahrten nicht in das Dunkel der Vergessenheit gerathen sollte, und wie ihm die Geschichte sein Recht hat angedeihen lassen, ebenso wurde Joseph Nicéphore Niepce durch Arago's Rede, die Letzterer am 19. August 1839 in einer Sitzung der Akademie, bei Veröffentlichung des Daguerre'schen Verfahrens, gehalten hat, die Priorität der Erfindung gewahrt. Das Verfahren, welches Arago im Namen Daguerre's publizirte, war folgendes:

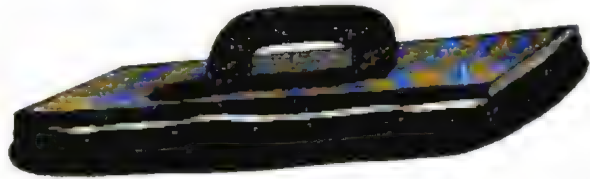


Fig. 4. Polirbret.

Eine Kupferplatte wird vermittels eines Polirbretes, das oben mit einem Handgriffe versehen, unten mit Tuch oder Hirschleder überzogen sein muss (Fig. 4), abgerieben. Das Leder des Polirbretes ist mit feinstem Polirroth zu imprägniren. Ist die Platte hinreichend gereinigt, so setzt man sie Jod- und Bromdämpfen aus. Dies geschieht vermittels eines zweigetheilten Kastens (Fig. 5), dessen eines Fach mit Jod, dessen zweites Fach mit Bromkalk versehen ist. Die Platte wird mittels eines verschiebbaren Holzrahmens aufgelegt und nach einander den Jod- und Bromdünsten ausgesetzt. Ueber den Joddämpfen hat die Platte circa 40 Sekunden, über dem Bromkalk circa 10 Sekunden zu verbleiben, bis eine violette Färbung erzielt ist. Hierauf setzt man die Platte abermals den Joddämpfen aus, bis sie ein stahlblaues Ansehen gewonnen hat und auf diese Weise äusserst lichtempfindlich geworden ist. In die Camera obscura gebracht, wirkt das Licht, und ein latentes Bild entsteht, welches durch Quecksilberdämpfe sichtbar gemacht wird. Daguerre benutzte hierzu einen rechtwinkeligen Kasten (Fig. 6), in dessen obere Rinne die Cassette der Camera einschiebbar ist.

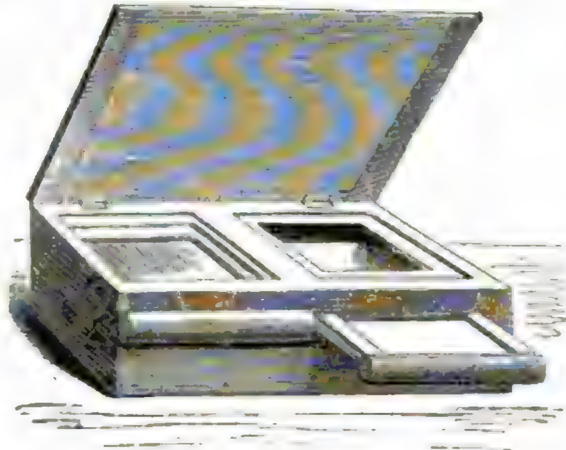


Fig. 5. Jodbromkasten.

Weiter befindet sich an diesem Apparate ein mit gelber Scheibe versehenes gefenstertes Thürchen, um den Hervorrufungsprozess zu kontroliren; am Boden im Innern des Kastens ist ein eiserner Quecksilbertrog angebracht, dessen Inhalt durch eine unterstehende Spirituslampe beliebig erwärmt werden kann. Die Höhe der Temperatur des Quecksilbers wird durch ein rechtwinkelig gebogenes Thermometer kontrolirt, dessen Kugel in den Quecksilbertrog hineinragt und dessen Skala an der Aussenseite des Kastens sichtbar ist.

Ist die der Lichtwirkung ausgesetzt gewesene Silberplatte, mit der jodirten Seite dem Quecksilber zugekehrt, in den Kasten gebracht, so wird das Quecksilber bis zu 60° C. erwärmt; es schlagen sich die Quecksilberdämpfe auf den vom Lichte veränderten Stellen der Jodsilberplatte nieder, und das Bild wird sichtbar. Die Platte muss hierauf mit heissen Kochsalzlösungen oder unterschwefeligsaurem Natron behandelt werden, wodurch alles vom Lichte nicht affizirte Jodsilber sich löst, d. h. die Platte fixirt wird. So weit die Erfindung Daguerre's.

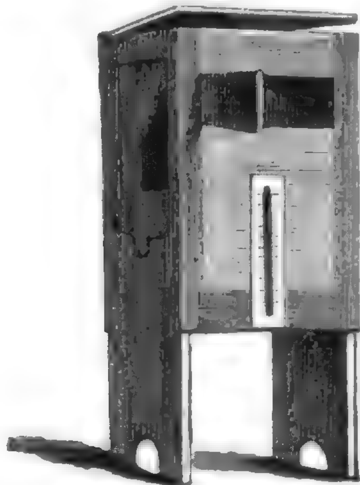


Fig. 6. Entwicklungskasten.

Fig. 7. Gestell zum Vergolden.

Fizeau vervollkommnete die Methode, indem er die Entdeckung der Einwirkung des Goldes auf die Lebhaftigkeit und Dauerhaftigkeit des Bildes den Daguerre'schen Arbeiten beifügte. Er erwärmte die noch vom Abwaschen feuchte Platte auf einem wagrechten Gestelle (Fig. 7) und übergoss die Bildseite mit einer Goldchloridlösung (1 auf 1000 Wasser). Durch diese Operation bildet sich ein doppeltes Amalgam von Gold und Silber. Die gequecksilberte Silberplatte überzieht sich mit einer Lage soliden Goldes, welches das Quecksilber bindet, die Silbertöne dunkelt, die Lichter klärt und dem Bilde neben grösserer Solidität mehr Kraft und Tiefe verleiht.

Zu der Zeit, als Daguerre seine Methode in Frankreich veröffentlichte, erzielte der Engländer Fox Talbot eine andere Art der Lichtbildnerei; die direkte Aufnahme von Lichtbildern auf Papier. Talbot verdanken

wir also die Grundlagen des photographischen Drucks oder des Kopirprozesses. Er war der erste, welcher sogenannte Negativbilder anfertigte, um von diesen beliebig viele Positive ohne wiederholte Aufnahme durch die Camera zu erhalten. Es ist bekannt, dass Jod und Chlorsilber im Lichte sich schwärzen, d. h. dass durch Einwirkung des Lichtes aus derartigen Silberschlösungen metallisches Silber reduzirt wird.

Fig. 5. Fox Talbot.

Wenn man nun mit einer derartigen Lösung ein Papier durchtränkt und solches in den Focus einer Camera obscura stellt, so werden alle vom Licht getroffenen Theile geschwärzt werden und alle diejenigen Theile des Bildes, welche Schatten bilden, werden weiss bleiben.

Das Resultat ist demnach auf dem photographischen Bilde ein umgekehrtes. Was in der Wirklichkeit hell ist, ist auf dem Bilde dunkel, was auf dem Bilde hell erscheint, sind die Schatten im Original; ein solches Bild nennt man ein »Negativ« (Fig. 8). Um nun hiervon ein richtiges, »positives« Bild zu erhalten, nahm Talbot ein zweites lichtempfindlich präparirtes Papierblatt, legte es auf das erstere negative

Bild, und zwar so, dass das Licht, um auf dieses zweite Papier zu wirken, das erste Negativbild durchdringen musste. Die schwarzen Stellen dieses Bildes nun halten je nach dem Grade ihrer Schwärze die Lichtstrahlen auf und lassen das unten liegende Papier mehr oder weniger ungefärbt. Die hellen Stellen des oberen Bildes dagegen lassen das Licht durchgehen und letzteres schwärzt die entsprechenden Theile des zu fertigenden Positivs. Das auf diese Weise erhaltene Bild (Fig. 10) wird demnach der Natur entsprechend sein und kann man beliebig viele derartige Kopien von einem Negative anfertigen, ein Verfahren, das dem Daguerre'schen System wesentlich voranziehen. Allgemeinen Eingang konnte sich trotzdem diese Methode nicht verschaffen, und wurde durch sie die Daguerreotypie in den Jahren 1840—50 kaum beeinträchtigt; die gewonnenen Bilder erhielten durch das Papierkorn des Negatives meist ein zu rauhes Ansehen. Le Gray beseitigte diesen Missstand durch Einführung der mit Wachs durchtränkten Papiere in die Praxis. Um jedoch vollkommen klare Bilder zu

Fig. 9. Negatives Bild.

Fig. 10. Positives Bild.

erhalten, musste ein noch durchsichtigeres Medium gefunden werden, welche Schwierigkeit endlich ein Neffe des ersten Photographen Niepce, der französische Offizier Niepce de St. Victor zu besiegen verstand. Ihm verdanken wir in der Erfindung der Glasphotographie die Grundlage zu fast allen heute noch gangbaren Methoden des Negativprozesses. Er kam auf den Gedanken, eine polirte, sorgfältigst gereinigte Spiegelglasplatte mit Eiweiss zu überziehen und dieses wiederum mit lichtempfindlichen Substanzen zu imprägniren. Le Gray und Archer verbesserten diese Erfindung, indem sie das Eiweiss durch das Collodium, die in Aether gelöste Schiessbaumwolle, ersetzten. Auf diese Verbesserung gestützt, brachte Niepce de St. Victor die von seinem Onkel erfundene Lichtbildkunst in verschiedenster Richtung zu mannichfacher Anwendung und allseitiger Anerkennung.

Fig. 11. **Nièpce de St. Victor.**

Nachdem die vermeintlich höchstmögliche Vollkommenheit mit der Anwendung der Silbersalze erreicht war, experimentirte man von Neuem, um diese chemischen Substanzen durch andere, dauerhaftere Stoffe zu ersetzen, bis es gelang, die Silbersalze im Kopirprozesse durch Anwendung der Kohle entbehrlich zu machen. Die Kohle, mit lichtempfindlichen Substanzen in Kontakt gebracht, wird von letzteren nach Einwirkung der Lichtstrahlen chemisch gebunden. Chromsaure Salze in gewissen Verhältnissen mit Gelatine und Kohle oder mit anderen Farbstoffen gemischt, verwandeln sich, dem Lichte ausgesetzt, in einen unlöslichen Körper.

Das Kohleverfahren gab später Veranlassung zu einer Methode, photographische Bilder durch Pressendruck zu vervielfältigen, welche Erfindung die hohe Vervollkommnung der Photographie in den jüngsten

Jahren bewirkte. Der Wunsch, von einer photographischen Platte auf dem Wege des gewöhnlichen graphischen Druckverfahrens Abdrücke durch die Hebelpresse zu gewinnen, war von jeher das emsige Streben der betreffenden Forscher: sogar schon die französischen Naturforscher Donné und Fizeau hatten im Jahre 1842 versucht, die Daguerre'sche Platte mit verdünnter Schwefelsäure für den Pressendruck zu ätzen; es gelangen ihnen aber nur wenige Abdrücke, indem die Platte sich schnell abnutzte.

Andere suchten die Massendarstellungen der Photographieen durch die Einwirkung des Lichtes auf Metall- und Steinplatten zu erreichen, indem sie auf das ursprüngliche Asphaltverfahren Niepce's zurückgriffen.

Fig. 12. Jos. Albert.

Der kgl. Bayr. Hofphotograph Joseph Albert in München hat zuerst durch die Erfindung des Lichtdruckes *allen* gestellten Anforderungen Genüge geleistet. Kurze Zeit später traten in München noch Obernetter und Gemoser mit ähnlichen selbständig gemachten Erfindungen auf. Die drei Erfinder haben das gleiche Ziel erreicht, ein Lichtbild direkt in eine zum Pressendruck geeignete Platte umzuwandeln.

Es bleiben jetzt mit Ausnahme der natürlichen und haltbaren Wiedergabe der Farben an die photographische Darstellung keine Forderungen mehr zu stellen; sie liefert uns vollkommene, durch das Einwalzen mit Druckerschwärze erzielte Abdrücke in den feinsten Tönen und Halbschatten, unveränderlich und in vollendetster Schönheit.

Auf dieser Stufe angelangt, war die Photographie in den Stand gesetzt, dem Dienste der exakten Wissenschaften ihre erstaunlichen Leistungen zu weihen, wie wir im Verlaufe dieses Buches nachweisen werden.

## ZWEITES KAPITEL.

## DAS LICHT UND DIE PHOTOGRAPHISCHE OPTIK.

---

### 1. ENTWICKLUNG DER ANSICHTEN ÜBER DIE NATUR DES LICHTES.

Seit Jahrtausenden erwärmen und erleuchten die Strahlen der Sonne unsere Erde, ohne dass es gelungen wäre, obwol die ausgezeichnetsten Forscher aller Jahrhunderte nach dem gleichen Ziele gestrebt, das Wesen des Lichtes in seiner Totalität zu ergründen. Während die Optik, d. h. die Wissenschaft von den Gesetzen, nach welchen das Licht seine Wirksamkeit äussert, zu den ausgebildetsten und an mathematischer Genauigkeit hervorragendsten Fächern der Naturlehre gehört, ist uns das eigentliche Wesen jener Kraft noch durchaus nicht durch unumstössliche Beweise erklärt, und keine der darüber aufgestellten Hypothesen hat mit strenger Genauigkeit für die innere Natur des Lichtes eine bindende Erklärung gewähren können.

Von den frühesten Zeiten des grauen Alterthums bis in die jüngsten Jahre herein traten stets über die genannte Frage Ansichten und Gegenansichten auf; was heute für richtig erkannt worden war, wurde durch eine neue Beobachtung, die nicht in das betreffende System passte, des anderen Tages schon wieder umgestossen, bis die Entdeckung der Polarisations-, Interferenz- und Beugungserscheinungen zu einem festeren Lehrgebäude eine sichere Handhabe boten.

Die Anschauungen der Alten über die Natur und die Eigenschaften des Lichtes in kurzer Fassung kennen zu lernen, dürfte dem Leser daher willkommen sein.

Während die Philosophen Demokritos, Empedokles und Epikur der Meinung waren, dass nur feine Bilder aus den Gegenständen in das menschliche Auge dringen, glaubten Pythagoras und seine Anhänger, die Pythagoräer, dass sich von der Oberfläche der Gegenstände immerfort materielle Theile absonderten, die in feinster Vertheilung in das Auge flössen und die Sehthätigkeit erregten. Plato lässt die Lichtstrahlen sowol aus den Gegenständen, als auch aus den Augen selbst hervorgehen, wodurch eine Zusammenstrahlung entstehe, welche das gesehene Bild hervorbringe. Mit einem wahren Feuereifer tritt Aristoteles gegen diese materialistischen Anschauungen in dem Schriftchen über die »Empfindung« auf, und erklärt sich auf das Entschiedenste gegen jene Sätze der genannten Philosophen.

Aristoteles, der mit seinem Forschergeiste in die tiefsten Schachte der Spekulation hinabstieg, und das ganze Wissen der damaligen Zeit umfasste, der erste wahre Naturforscher und Begründer der Erfahrungswissenschaft, lehrte, dass das Licht etwas Durchsichtiges, aber durch die Farbe eines andern Körpers Bedingtes sei und die Farbe des Durchsichtigen in Bewegung setze. Das Auge kann nicht von der Farbe unmittelbar gereizt werden; es muss ein Stoff vorhanden sein, den Lichteffekt zu vermitteln. Wäre zwischen Lichtquelle und Auge ein leerer Raum, so würde das Auge nichts sehen. So ist für den Schall die Luft das Medium; für das Licht, welches kein Körper ist, ist die Gegenwart eines solchen Mittels in dem »Durchsichtigen«, dem Aether des Weltenraumes, anzunehmen. Die Ansicht des Aristoteles nähert sich daher vollkommen der heutigen, indem er sagt, das Sehen werde durch Bewegungen eines durchsichtigen Stoffes bedingt. In dem Buche über die »Seele« beweist sogar Aristoteles schon, dass die Farbe modifizirtes Licht sei, indem er Töne und Farben mit den Worten vergleicht: »Sowie es keinen hohen und tiefen Ton ohne Schall giebt, eben so wenig giebt es ohne Licht verschiedene Farben«. — Sein scharfer Beobachtungssinn hat ihn ohne Präzisionsinstrumente auf den muthmasslich richtigen Weg geleitet. Die Dinge selber sind seine Lehrer gewesen, und »diese haben das Lügen nicht gelernt«. — (Nach Varro's Sentenzen des Aristoteles eigene Worte an Alexander.)

Seneca fügte der Meinung des Aristoteles einige seiner Ideen hinzu, indem er unter Anderem besonders den Regenbogen aus einer Bewegung der Atmosphäre und der darin befindlichen Dünste durch den Anstoss des Lichtes erklärte. Im Uebrigen begnügten sich die Römer überhaupt in Rücksicht der Erklärung des Lichtes und seiner Eigenschaften, wie in allen anderen Wissenschaften, mit den von den Griechen entlehnten Systemen und Hypothesen.

Während der finsteren Zeiten des Mittelalters war es den Arabern vorbehalten, über die Lehren vom Lichte uns das Alte zu wahren und Neues zu bieten. Besonders zeichneten sich in dieser Richtung unter den Arabern aus: Al Farabi, Ebu Haithem, Jacob Alkindi und Alhazen, welcher Letztere uns die ersten Forschungen über die Strahlenbrechung überliefert hat. Derselbe lehrte, dass die Strahlenbrechung von der verschiedenen Durchsichtigkeit und Dichtigkeit der Körper herrühre. Des Aristoteles Ansicht und Alhazen's Lehren bildeten die Grundlage für alle späteren bezüglichen Forschungen.

Mit Beginn der neueren Zeit, nachdem die Wunden vernarbt, welche das düstere Mittelalter der freien Forschung geschlagen hatte, fing man auch wieder an, über die Natur des Lichtes Untersuchungen

anzustellen. Maurolycus, ein Geistlicher zu Messina, schrieb verschiedene hierher gehörige sachliche Abhandlungen. Er beschäftigte sich mit der Lehre von den Brillen, mit der Entstehung der Farben, sowie mit der Theorie des Sehens.

Ein fast gleichzeitig lebender Schriftsteller war der durch technische Leistungen berühmte italienische Naturforscher Joh. Baptista Porta, welcher sich durch die Erfindung der Camera obscura und durch den Nachweis, dass unser Auge die Bilder der Gegenstände in ganz analoger Weise wie die Camera in sich aufnehme, einen unsterblichen Namen in der Geschichte der Wissenschaften gesichert hat.

Zu jener Zeit war mit der Reformation neues Leben in alle wissenschaftlichen Kreise eingedrungen, und eine naturgetreue gesunde Arbeit hatte den scholastischen Grübeleien das Feld der Thätigkeit abgewonnen. Die neue Richtung fand ihren Hauptvertreter in dem englischen Gelehrten Francis Bacon, Lord von Verulam (geb. 1560, gest. 1626). Er war der Erste, welcher darauf hinwies, dass man sich mehr um den Ursprung als um die Form des Lichtes zu kümmern habe. Bacon legt in der Forschung dem Experimente den höchsten Werth bei. Alle Ziele des Geistes sind nach ihm der Werth Dessen, was das Denken hervorbringe; der Werth des Denkens aber liege nur in einem greifbaren Resultate. Von diesem Prinzipe ausgehend begründete er die physikalischen Lehren vom Lichte. Neben ihm arbeiteten gleichen Zielen entgegen: Johann Fleischer zu Breslau, Antonius de Dominis, Bischof zu Spalatero, sowie der grosse Galilei.

Eine abgerundete Theorie aber wurde erst bei Beginn des 17. Jahrhunderts von Kepler, dem grossen Astronomen (1571—1630), aufgestellt, welcher auf dem exakten Wege der streng forschenden Wissenschaft sich an die Untersuchung der optischen Erscheinungen wagte. Das Licht stellte man sich als einen Ausfluss vor, welcher von den leuchtenden Körpern in geraden Linien ausstrahle. Es stützt sich diese Hypothese auf die Ansicht, dass es eine Lichtmaterie gebe, die aus unendlich kleinen, unwägbaren Körperchen bestehe und, von den selbstleuchtenden Körpern ausströmend, den Weltraum mit ungeheuerer Geschwindigkeit durchfliege (Emanationstheorie).

Bald trat wieder ein anderer Forscher, Cartesius, gegen diese Ansicht auf, indem er die Sonne und die leuchtenden Körper aus Theilchen eines ersten Elementes bestehen lässt und den ganzen Weltenraum mit Atomen eines zweiten Elementes, dem Weltäther, erfüllt. Nun sagt er, es würden die Atome des zweiten Elementes durch die beständig in Erregung befindlichen Theilchen der leuchtenden Körper gestossen, und da es zwischen jenen keinen leeren Raum gebe, so berühre ein

Theilchen immer das andere, und so pflanze sich der Stoss durch geradlinige Schwingungen der Theilchen bis zu unserem Auge fort. Neben CARTESIUS lehrten MALEBRANCHE, GASSENDI, ISAAK VOSS, SNELL, SCHEINER und DU HAMEL theils für, theils gegen die neuen Theorien, bis GRIMALDI, HOOKE und HUYGHENS die Lehre von den Schwingungsbewegungen des Lichtes in exaktere Formen gebracht haben, welche Ansichten heutigen Tages noch in der Vibrations- oder Undulationstheorie als massgebend betrachtet werden, obwol der grosse NEWTON, der über so viele Theile der Physik und Mathematik neue Ideen verbreitete, jene Lehre verwarf und der älteren Ansicht von dem »Systema emanationis seu emmissionis« seinen Beifall spendete. Seine Meinung über die eigentliche Natur des Lichtes zielte nämlich ebenfalls dahin, dass der leuchtende Körper Theilchen aussende, auf welche andere Körper durch Anziehung und Zurückstossen wirken; die Lichtstrahlen seien Wege materieller, aus jenen Körpern ausgeflossener Theilchen, die von anderen Körpern angezogen werden.

Wir ersehen aus dieser kurzen Uebersicht der bezüglichen Anschauungen, dass die Frage von der Natur des Lichtes vom Alterthum bis in die neuere Zeit herein stets eine offene war, dass jede neue Ansicht eben so viele Anhänger als Gegner gefunden hat, dass es sich immer nur um Theorien und Hypothesen handelte — bis endlich die Vibrationstheorie dauernd den Sieg errang.

Nach der jetzt von den meisten Fachgelehrten angenommenen Lehre wird der Weltäther durch leuchtende Körper in schwingende Bewegungen versetzt, welche, ähnlich wie die Schallwellen zu unserem Ohre, als Lichtwellen zu unserem Auge dringen und hier auf die Netzhaut des Auges einen physiologisch begründeten Reiz ausüben, welcher durch den Sehnerv unserem Gehirn zur Empfindung gebracht wird.

Die Schwingungen des Lichtes können wir uns entsprechend den heutigen Ansichten etwa durch den Anblick einer durch Steinwürfe bewegten Wasserfläche veranschaulichen. Wenn wir einen Stein in einen glatten ruhigen Teich werfen, so sehen wir von dem Einwurfspunkte aus in senkrechter Linie zum Einfallslothe gleichmässige Wellenkreise nach allen Seiten hin fortschreiten. Es sind diese Erschütterungen keine fortfliessenden Wellen, sondern jeder Kreis wird in sich selbst wieder zurückbewegt.

In ganz analoger Weise kann man sich die Art der Bewegung der Aethertheilchen im Verlaufe eines Lichtstrahles nach der Undulationstheorie leicht veranschaulichen, wenn man einen nassen Faden, oder eine feine Kette, indem man sie am oberen Ende mit der Hand fasst, senkrecht herabhängen lässt und die Hand seitlich hin und her bewegt.

Der Faden biegt sich dann zu einer oszillirenden Wellenlinie bei deren Bewegungen, die sich längs des Fadens von oben nach unten fortpflanzen, jedes einzelne Theilchen immer in gleicher Höhe über dem Boden bleibt. Ist z. B. *AB* Fig. 13 die Richtung eines Lichtstrahles und sind *b*, *c*, *d* Aetheratome, dann schwingen die Atome *b*, *c*, *d* nach *el*, *fm*, *gn* auf und ab. Aehnlich ist es in Bezug auf jedes Atom längs der ganzen Linie *AB*, jedoch ist diese Bewegung so zu verstehen, dass kein Atom von *A* nach *B* sich bewegt, sondern beständig durch einen kleinsten Raum in einer rechtwinklich auf *AB* stehenden Linie hin und her schwankt, d. h. oszillirt.

Aehnlich wie die längeren oder kürzeren Schallwellen unser Ohr als tiefe oder hohe Töne treffen, ebenso unterscheiden wir grössere und kleinere Schwingungszahlen der Aetherwellen. Die hohen und tiefen Töne der Musik werden von unserem Ohr in weit geringeren Schwingungsgeschwindigkeiten vernommen, als die Aetherschwingungen von unserem Auge empfunden werden.

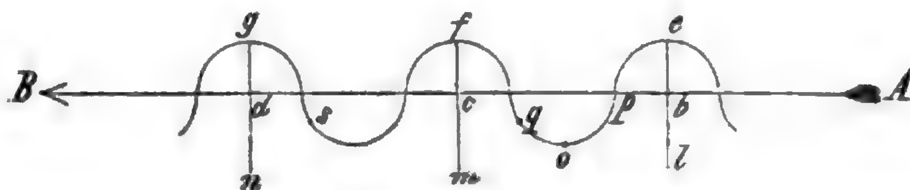



Fig. 13. Theorie der Lichtwelle.

Während unser Trommelfell eine Schwingungsdifferenz von 40 bis 40,000 Erschütterungen in der Sekunde als tiefsten und höchsten Ton wahrnimmt, wird die Netzhaut unseres Auges erst von 450 Bill. bis 880 Bill. Lichtschwingungen in gleicher Zeiteinheit erregt, wobei alle diese minimalen Wellen sich mit einer Geschwindigkeit von 42,000 Meilen in der Sekunde fortbewegen. Um die Raschheit dieser Bewegungen uns klar zu machen, fassen wir die bekanntesten Geschwindigkeitserscheinungen vergleichend zusammen. Es legt zurück:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| die Elektrizität | ca. | 450,000 | Kilometer | in | einer | Sekunde, |
| das Licht | „ | 300,000 | „ | „ | „ | „ |
| der Schall | ca. | 333 | Meter | „ | „ | „ |
| der Adler | „ | 30 | „ | „ | „ | „ |
| die Lokomotive | „ | 25 | „ | „ | „ | „ |
| der Renner | „ | 10 | „ | „ | „ | „ |
| der Rhein | „ | 1 | „ | „ | „ | „ |

Wie die verschiedenen akustischen Wellenbewegungen sich als Tondifferenz dem Ohre mittheilen, so gewahrt das Auge die Unterschiede der Aetherwellen als Farbendifferenz.

Die Lichtwellen der einzelnen Farben, welche durch die prismatische Zerlegung im Sonnenspektrum, wie wir später sehen werden, sich zeigen, betragen an mittlerer Wellenlänge nach FRAUENHOFER's Untersuchungen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Aeusserstes Roth: | | 0,0007500 | Millimeter |
| Bei der Linie A im Spektrum: | (Roth) | 0,0007400 | „ |
| „ „ „ B „ „ | (Hellroth) | 0,0006879 | „ |
| „ „ „ C „ „ | (Orange) | 0,0006559 | „ |
| „ „ „ D „ „ | (Gelb) | 0,0005888 | „ |
| „ „ „ E „ „ | (Grün) | 0,0005265 | „ |
| „ „ „ F „ „ | (Blaugrün) | 0,0004856 | „ |
| „ „ „ G „ „ | (Blau) | 0,0004296 | „ |
| „ „ „ H „ „ | (Violett) | 0,0003963 | „ |
| „ „ „ I „ „ | (Ultraviolett) | 0,0003700 | „ |
| Aeusserstes Violett: | | 0,0003600 | „ |

Entsprechend der Länge der einzelnen Lichtwellen ist die Raschheit ihrer Bewegungen. Eine kürzere Welle wird raschere Schwingungen machen, als eine längere Welle. Man hat demgemäss berechnet, dass der rothe Strahl ca. 477 Billionen, das dunkelviolette Licht ca. 880 Billionen Schwingungen in der Sekunde macht.

Wir ersehen aus diesen Ziffern, in welch enormen Zahleneinheiten und mit welcher fast unbegreiflichen Raschheit das Licht zu uns gelangt. Alles Licht ist nach HERSCHEL's Ausspruch Bewegung; aus der Wirkung der Bewegung resultirt eine Kraft und wenn auch diese Kraft eine minimale für den einzelnen Lichtstrahlenbündel genannt werden muss, so existirt doch dieselbe, und giebt einen Beweis für die Lehre von der Wellenbewegung des Lichtes ab.

Vor einiger Zeit hat Professor WILLIAM CROOKES in London ein kleines Instrument erfunden, womit er versuchte, die bewegende Kraft des Lichtes nachzuweisen. Dasselbe, Radiometer genannt (Fig. 14), besteht aus einem leichten Kreuz von vier Armen, welches mittels eines Glashütchens *a* auf einer freien Stahlspitze ruht, so dass es horizontal rotiren kann. Am Ende eines jeden dieser vier Arme ist ein dünnes Glimmer-Blättchen *b* senkrecht befestigt und auf der einen Seite schwach berusst. Die geschwärzten Flächen dieser vier Scheiben sind sämmtlich nach derselben Seite gewandt. Das Ganze ist in einer dünnen Glaskugel eingeschlossen, welche mit einer Luftpumpe aufs Sorgfältigste ausgepumpt, d. h. aufs Höchste luftverdünnt gemacht und darauf hermetisch verschlossen worden ist. In Fig. 15 (S. 26) ist dasselbe Instrument von oben herab gesehen dargestellt. *a* ist die feine

Stahlspitze, auf welcher das Instrument sich dreht; *bb* sind die sich drehenden Lichtflügel. Wird dieses kleine Instrument einer Lichtquelle ausgesetzt, so beginnt das horizontale Flügelrad in der Glaskugel zu rotiren, und zwar um so schneller, je grösser die Intensität des Lichtes ist.

Dass die Wärmestrahlen, welche jedes Lichtstrahlenbündel begleiten, nur auf diese Bewegungen von Einfluss sind, ist eine unanfechtbare Thatsache, indem einerseits das Instrument in dunklem Raume strahlender Wärme ausgesetzt, sich, wenn auch langsam, zu drehen anfängt, andererseits dasselbe still steht, wenn die Lichtstrahlen, bevor sie den Radiometer treffen, durch einen sogenannten athermanen Körper, z. B. Alaun, oder durch einen breiten mit Wasser gefüllten Glastrog geleitet werden, welcher die Wärmestrahlen absorbirt.

### 2. BRECHUNG DES LICHTES DURCH PRISMEN UND LINSEN.

Auf der verschiedenen Geschwindigkeit der Aetherwellen beruht die Brechbarkeit des Lichtes und die Farbenzerlegung der Sonnenstrahlen durch das Prisma. Fast sollte man glauben, dass schon im Alterthum ähnliche Beobachtungen bekannt gewesen, indem uns aus vorgeschichtlicher Zeit eine alte indische Sage mittheilt, dass Krischna, der Gott des Lichtes, sich in sieben Theile zerlegen konnte, wie wir denn auch auf vielen antiken griechischen Kunstwerken Apollo, den »siebenstrahligen« Sonnengott, mit einem aus sieben Lichtpunkten bestehenden Diadem geschmückt finden.

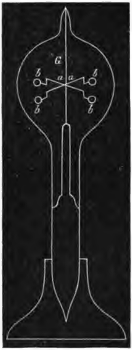


Fig. 11. Radiometer.

Die ersten Gesetze über die Brechbarkeit des Lichtes wurden von Willebrandus Snellius, Professor der Mathematik zu Leyden, zu Anfang des siebzehnten Jahrhunderts aufgestellt, aber erst von Descartes (Cartesius) im Jahre 1637 der wissenschaftlichen Welt verkündet.

Die betreffenden Lehren beruhen auf der Thatsache, dass ein Lichtstrahl, welcher von einem dichteren, durchsichtigen Stoffe in einen dünneren übergeht, sich von einer lothrechten Linie in dem nämlichen Verhältniss entfernt, in welchem er sich auf dem

umgekehrten Wege demselben nähert. Legen wir z. B. ein Geldstück auf den Boden eines Beckens und stellen wir uns so weit davon entfernt, dass uns dasselbe durch die Wand des Beckens verdeckt ist, so werden wir bei Aufgiessen von Wasser das Geldstück in höherer Lage bemerken (Fig. 16). Die von dem Geldstück ausgehenden Strahlen werden an der Grenze von Wasser und Luft abgelenkt, und unser Auge versetzt den Gegenstand in die Verlängerung des zuletzt empfangenen Lichtstrahles. In Fig. 17 fällt der Strahl $vc$ auf eine spiegelnde Fläche $zx$. Denken wir uns in $bc$ ein Perpendikel errichtet, so wird der Strahl unter dem Winkel $bcv'$, welcher gleich dem Winkel $bcv$ ist, zurückgeworfen. In Fig. 18 dagegen dringt der Strahl $vc$ in ein durchsichtiges dichteres Medium

Fig. 15. Grundriss des Radiometers.

Fig. 16. Lichtbrechung durch Wasser.

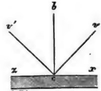



Fig. 17. Lichtreflexion auf ebenen Flächen.

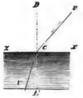



Fig. 18. Brechungswinkel.

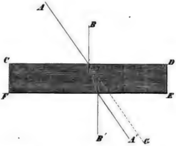



Fig. 19. Lichtbrechung durch Glas.

Fig. 20. Prisma.

ein und wird hier näher gegen $E$ hin gebrochen, so dass $v'c$ einen kleineren Winkel mit der lothrechten $DE$ bildet, als der Einfallswinkel $vcD$ beträgt. Man nennt die Verhältnisse der Sinus dieser

Digitized by Google

Winkel, welche für die nämlichen lichtbrechenden Stoffe stets konstant sind, die Brechungskoëffizienten der Körper. — Für unsere Zwecke, um zu den für die photographische Praxis wichtigen bezüglichen Gesetzen zu gelangen, sind die Brechungswinkel eines durch Glas gehenden Lichtstrahles von besonderem Interesse. Trifft ein Lichtstrahl ein Glasstück mit parallelen Wänden, so wird derselbe nach obigen Gesetzen nach dem Einfallsloth hin gebrochen. Es sei z. B. *CDEF* (Fig. 19) ein solches Glasstück. Der von *A* ausgehende Strahl trifft die Oberfläche des Glases, wird nach dem von *B* aus gefällten Einfallsloth abgelenkt und verlässt das parallelwandige Glas unter demselben Winkel und in gleicher Richtung beim Austritt aus der parallelen Fläche. Lichtstrahlen, welche parallelwandige Körper durchsetzen, werden demnach zwar abgelenkt, gehen aber in derselben Richtung weiter (*A A'* Fig. 19).

Anders verhält sich jedoch die Strahlenbrechung bei Körpern mit nicht parallelen Wänden. Ein durchsichtiger Körper, welcher zwei ebene, nicht parallele Flächen hat, durch welche ein Lichtstrahl aus- und eintreten kann, heisst ein *Prisma* (Fig. 20). Die beiden Ebenen sind brechende Flächen, welche den brechenden Winkel und die brechende Kante bilden. Ein Lichtstrahl, welcher auf ein Prisma trifft, erleidet eine zweimalige Brechung bei *o* und bei *o'* (Fig. 21). Der Strahl *Ro* wird bei seinem Eintritt in das Prisma dem Einfallsloth zu gebrochen, bei seinem Austritt wiederum nach demselben Gesetz in entgegengesetzter Richtung abgelenkt und nach *R'* geworfen, so dass der Gegenstand in der Verlängerung von *R'o'* uns erscheint. Während also bei parallelen Gläsern der Strahl in derselben Richtung, in der er eingetreten ist, das Glas verlässt, wird er bei prismatischen Gläsern abgelenkt und stets von der brechenden Kante weg gerichtet. Wir sehen demnach alle Gegenstände, durch ein Prisma betrachtet, aus ihrer Stelle gerückt.

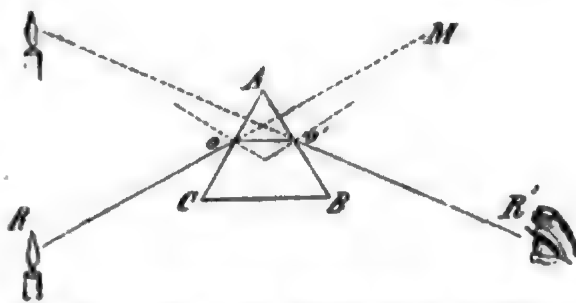


Fig. 21. Brechung des Lichtes durch das Prisma.

Wie wir oben schon angedeutet, werden durch das Prisma die Sonnenstrahlen auch in ihre Elemente, die einzelnen Farben, zerlegt. Lassen wir das weisse Licht eines Sonnenstrahls *s* (Fig. 22) durch eine kleine Oeffnung in ein dunkles Zimmer fallen und ein Prisma *A* passiren, so wird dieser Strahl dem Einfallslothe zu- und entsprechend abgelenkt, dabei auch in verschiedene Farbenelemente zerlegt. Es treten auf diese Weise die einzelnen Farben isolirt auf, wodurch sich bei *u'v'* ein farbiges Bild entwickelt, welches wir das aus den Farben:

roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau und violett bestehende *Sonnenspektrum* nennen, und auf dessen Natur wir im speziellen Theile dieses Buches genauer zurückkommen werden.

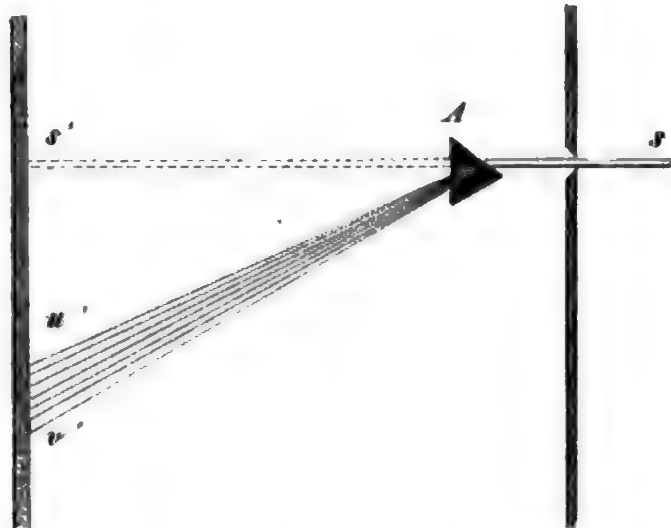



Fig. 22. Zer egung des Lichtes durch das Prisma.

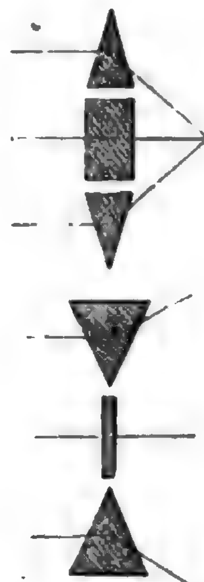


Fig. 23. Prinzip der Linsen.

Wir haben gesehen, dass ein in das Prisma dringender Lichtstrahl nach dem Einfallslothe hin, und beim Verlassen des Prisma, in umgekehrter Richtung vom Einfallslothe weg gebrochen wird; wir haben ferner gesehen, dass ein durch ein parallelwandiges Glas gehender Strahl in derselben Richtung das Glas wieder verlässt. Denken wir uns nun eine Zusammensetzung von Prismen und parallelwandigen Gläsern, wie solches unsere Fig. 23 zeigt, so entsteht das Bild der optischen Linsen, der Konkavlinse und der Konvexlinse. Der durch den Mittelpunkt gehende Strahl geht ungebrochen weiter; die seitlichen Strahlen werden abgelenkt. Die sphärischen Oberflächen der Linsen können wir füglich als eine Zusammensetzung prismatischer Flächen betrachten. Jeder Strahl, welcher eine Linse durchdringt, wird gerade so von seiner anfänglichen Richtung abgelenkt, als geschähe dies durch ein Prisma aus nämlicher Substanz, dessen brechende Flächen auf den Krümmungslinien der Linse lägen. In dem optischen Mittelpunkt einer jeden Linse, welcher gleichsam einem parallelwandigen Glase entspricht, wird kein durchgehender Strahl abgelenkt, alle gehen in gleicher Richtung weiter. Alle übrigen Strahlen, welche eine Linse treffen, werden in ihrer Richtung

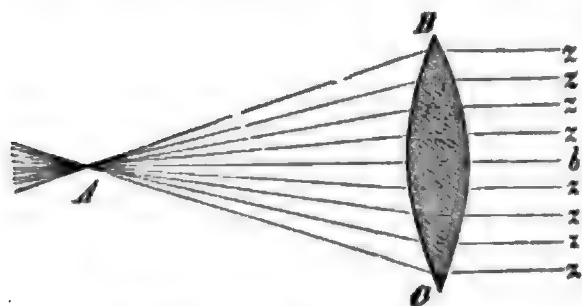



Fig. 24. Focus oder Brennpunkt.

verändert und zwar die Strahlen, welche eine Konvexlinse parallel treffen, nach *einem* Punkte, nach dem Brennpunkt oder dem Focus, A, (Fig. 24) der Linse gebrochen und daselbst vereinigt. Die Entfernung des Brennpunktes von der Oberfläche der Linse heisst deren Brennweite. Je mehr sich eine leuchtende Bildquelle der Linse nähert, desto mehr entfernt sich der Bildpunkt von deren Oberfläche; gelangt aber die Bildquelle selbst in den Brennpunkt, so gehen deren Strahlen in paralleler Richtung durch die Linse weiter. Rückt endlich der leuchtende Punkt der Linse noch näher, so divergiren die Strahlen auf der Gegenseite.

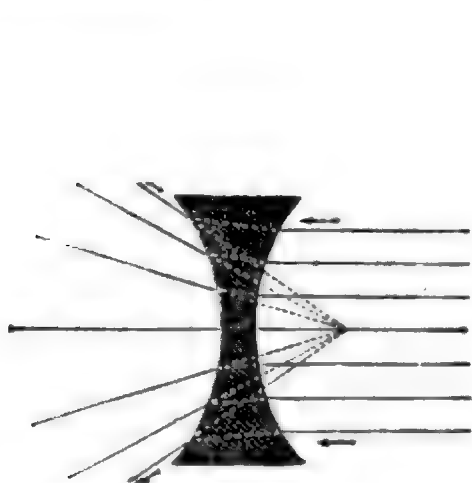


Fig. 25. Virtueller Brennpunkt der bikonkaven Linse.

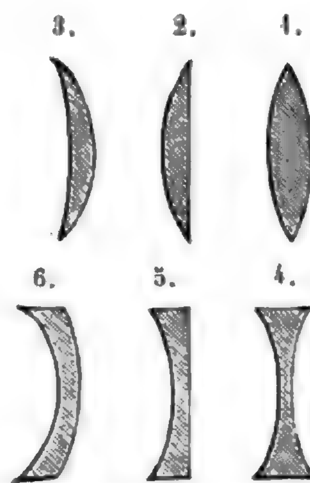



Fig. 26. Konkav- und Konvexlinsen.

Die Strahlen, welche parallel auf eine Konkavlinse treffen, *divergiren* nach der Brechung. Denkt man sich die Richtung der divergirenden Strahlen rückwärts verlängert, so werden sie sich in einem Punkte treffen, welcher der *virtuelle Brennpunkt* oder Zerstreuungspunkt (Fig. 25) genannt wird.

Die Formen, in welchen die Linsengläser bei den optischen Instrumenten zur Anwendung kommen, sind aus Fig. 26 ersichtlich; es sind: 1) die bikonvexe, 2) die plankonvexe, 3) die konkavkonvexe, 4) die bikonkave, 5) die plankonkave und 6) die konvexkonkave Linse.

Die Art der Bildgebung der Linsen zerfällt in die reelle und in die virtuelle. *Reelle* Bilder, wie sich solche auf einem Schirm oder auf einer matten Scheibe auffangen lassen, werden durch Konvexlinsen erzielt, wenn der Gegenstand weiter als die Brennweite von der Linse entfernt ist (Fig. 27. 28). Diese Art von Bildern zeigen immer die umgekehrte Lage des Gegenstandes. Die *virtuellen* Bilder dagegen, welche bei Konkavlinsen immer, bei Konvexlinsen (Fig. 29) aber nur dann entstehen, wenn der Gegenstand innerhalb der Brennweite liegt, stehen aufrecht. Aus Kombinationen von Konkav- und Konvexgläsern werden

alle zusammengesetzten optischen Instrumente, demnach auch die photographischen Objektive konstruirt. — Wie wir auseinander gesetzt haben, beruhen die Brechungsgesetze der Linsen auf den Brechungsgesetzen der Prismen. Wir haben gesehen, dass die Prismen nicht nur das Licht brechen, sondern auch das Licht analysiren, d. h. in seine Farbenbestandtheile zerlegen. Körper, welche das Licht stark brechen, gehen im Allgemeinen auch eine starke Farbenzerstreuung ein, doch sind die Werthe der zerstreuenden Kraft bei den verschiedenen Körpern sehr verschieden von der brechenden Kraft. Ohne diese Ungleichheit

Fig. 27. Reelles umgekehrtes Bild der bikonvexen Linse.

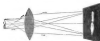


Fig. 28. Reelles vergrössertes Bild der bikonvexen Linse.

Fig. 29. Virtuelles Bild bikonvexer Linsen.

Fig. 30. Chromatische Aberration.

Fig. 31 und Fig. 32. Achromatische Prismen.

der zerstreuenden Kräfte würden Unregelmässigkeiten bei zusammengesetzten Prismen- und Linsengläsern, welche das Licht auch zugleich in Farben zerlegen, nicht vorkommen. Um dieser Erscheinung zu begegnen (chromatische Aberration Fig. 30), verfertigt man Prismen (Fig. 31 und 32) und Linsen (Fig. 33), welche für optische Instrumente aus zwei

verschiedenen Medien, aus Crown- und Flintglas, zusammengesetzt sind (*DAC* und *ACB* Fig. 31, *A* und *B* Fig. 32). Es wird auf diese Weise die Farbenzerstreuung des ersten Prisma oder der ersten Linse durch die Gegenwirkung der zweiten aufgehoben; *achromatische* Gläser (Fig. 33) sind demnach solche, bei welchen die Strahlenbrechung ohne Farbenzerstreuung stattfindet. Entdeckt wurde der Achromatismus durch den Engländer Dollond im Jahre 1752.

Ausser der Korrektion der chromatischen Aberration hat die Linsenkombination auch der *sphärischen Aberration*, oder Abweichung, Rechnung zu tragen. Diese Unregelmässigkeit beruht auf dem Umstande, dass die von dem Mittelpunkt der Linse entfernten, an dem Rande derselben durchgehenden Strahlen nicht genau im Brennpunkt vereinigt werden, d. h. sich früher vereinigen, so dass kein Brennpunkt, sondern ein Brennraum entsteht. Es liegt dieser Mangel in dem Umstande, dass die in Wirklichkeit benutzten Linsen Kugelgestalt besitzen, während die gedachten prismatischen Elemente einer Linse, wenn man sie rund um ihre Axe gedreht denkt, eine parabolische Gestalt annehmen würden. Die Schwierigkeit der Darstellung parabolischer Linsen nöthigt uns, sphärische Linsen zu benutzen, welche die gewünschte Wirkung fast erreichen. Die störenden Einflüsse der Randstrahlen, welche der Deutlichkeit des Bildes Eintrag thun, werden desshalb bei zusammengesetzten Instrumenten durch Blenden, oder Diaphragmen abgehalten. Aber auch durch Kombination einer bikonvexen Sammellinse mit einer Zerstreuungslinse, kann die sphärische Aberration beseitigt werden. Eine solche Linsenverbindung nennt man ein *Aplanat*.

Fig. 33. Achromatische Linsen.

Eine weitere Unregelmässigkeit, welche manchen Linsenbildern eigen ist, besteht in der Krümmung der Bildfläche, wodurch die reellen, auf einem Schirm oder einer matten Scheibe aufgefangenen Bilder, wol nach dem Centrum hin scharf, nach der Peripherie hin aber verschwommen erscheinen. Der bekannte Physiker Prof. Petzval in Wien hat (1841) durch Kombination verschiedener Linsen mit passenden Krümmungshalbmessern Systeme von einer sehr ebenen Bildfläche erzielt, und ihm und seiner Forschung hat die bekannte Firma Voigtländer & Sohn in Wien und Braunschweig ihren Ruf und ihre Grösse im Fabriziren photographischer Apparate zu danken.

Die Linsen in einem guten photographischen Apparat sind so angeordnet, dass die Vorderseite eine achromatische Kombination zweier mit Balsam verkitteter Gläser trägt, die mit der Konvexseite nach aussen

stehen, während die Gläser der hinteren Linse durch einen schmalen Metallring von einander gehalten werden. Diese hintere ebenfalls achromatische, aus Crown- und Flintglas bestehende Linse beseitigt die sphärische Aberration des ganzen Systems. An ein gutes photographisches Objektiv sind demnach folgende unerlässliche Anforderungen zu stellen: es muss neben der Schärfe und Reinheit des Bildes, neben der vermiedenen Gefahr der Verzeichnung genügende Lichtstärke und vollkommene Achromatie besitzen. Bezüglich der chemischen Wirkung auf die präparirte Platte muss dieselbe Schärfe wie bei der optischen Einstellung sich ergeben.

Bevor wir zur Beschreibung der zu wissenschaftlichen Darstellungen nöthigen Apparate gelangen, ist es geboten, für Diejenigen, welche überhaupt den Bau photographischer Instrumente nicht kennen, eine kurze Erläuterung eines gewöhnlichen Apparates voranzuschicken, da aus demselben alle anderen komplizirteren Systeme sich ableiten lassen.

Ein jeder derartige Apparat besteht aus drei Theilen: dem Objektive, der Camera und der Kassette.

### 3. PHOTOGRAPHISCHE OBJEKTIVE.

Das Objektiv enthält eine Kombination achromatischer Linsensysteme, welche je nach dem zu erreichenden Zweck verschiedenartig gebaut sind. Es giebt im Allgemeinen zweierlei derartige Zusammenstellungen, eine solche zur Aufnahme nahe liegender Objekte und eine solche zur Aufnahme von Landschaften. Zu Landschaftsobjektiven können einfache Linsenkombinationen fast jeder Konstruktion benutzt werden; solche bestehen aus einer einzigen, aus mehreren Stücken zusammengesetzten achromatischen Linse. Wir unterscheiden heute dreierlei derartige Formen: 1) Die einfache Flintcrownglaslinse, bestehend aus dem bikonkaven Flint- und dem bikonvexen Crownglas; 2) die meniscusförmige Flintcrownglaslinse, bestehend aus dem konkavkonvexen Crownglas und dem konvexkonkaven Flintglasstücke; 3) die aus drei Gläsern zusammengesetzte Dallmayer'sche Landschaftslinse. Sie besteht aus zwei äusseren Crowngläsern und einem mittleren Flintglase. Diese kombinirten Gläser sind in eine einfache Fassung je nach Wahl eingefügt. Die Fassung (Fig. 34) besteht aus einem Messingcylinder, der an die Camera angeschraubt wird. Bei *A* befindet sich das Glas, bei *E* werden die Blenden eingefügt, die je nach der nöthigen Intensität der Lichtstärke weiter und enger gewählt werden können. Bei *D* findet sich der Schliessdeckel des Apparates. Die Blenden haben, wie oben angedeutet, den Zweck, die Randstrahlen der Linsen möglichst

abzuhalten, um dadurch der Zeichnung einen scharfen Ausdruck zu verleihen und alle Einzelheiten in genauester Darstellung wiederzugeben. Freilich wird dadurch die Lichtintensität bedeutend abgeschwächt, welcher Misstand aber durch eine längere Expositionszeit wieder ausgeglichen werden kann.

Fig. 34. Einfaches Objektiv.

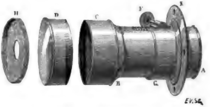


Fig. 35. Doppelobjektiv.

Andere Anforderungen gelten für die photographische Darstellung von Personen und lebenden Wesen. Hier handelt es sich um Raschheit der Darstellung bei möglichster Klarheit und Schärfe des Bildes. Zu diesem Zwecke wurden im Jahre 1841 die oben erwähnten Doppelobjective von Petzval in Wien konstruirt, welche Erfindung zu den epochemachendsten Ereignissen in der Geschichte der Photographie zu zählen ist. Seit jener Zeit haben diese Apparate die glänzendsten Verbesserungen erfahren und sind jetzt durch Steinheil zu einer früher kaum geahnten Leistungsfähigkeit gediehen.

Das gebräuchlichste Doppelobjektiv besteht aus den oben geschilderten zwei achromatischen Linsenpaaren, welche in verschiedener Entfernung je nach der Konstruktion des Objektivs von einander angebracht sind, wie dies Fig. 35 zeigt. Bei *B* und *A* in der Messinghülse befinden sich die

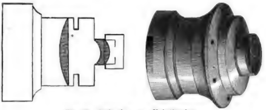


Fig. 36. Orthoskop von Voigtländer.

Linsen, bei *E* der Anschraubering, bei *F* die Mikrometerschraube, bei *C* das Rohr für Einfügung der Blendungen *H*, bei *D* der Schliessdeckel des Apparates. Die Linsenkombination des Doppelobjektives ermöglicht rasch durch ihre *Lichtkraft* ein sehr exaktes Bild, dessen Schärfe durch Einfügung von Centralblenden zwischen die beiden Linsenkombinationen noch erhöht wird. Trotz genügender Leistungen für die Aufnahme von

Personen, hat sich, um bei der Wiedergabe von Zeichnungen, Architekturen und Kunstwerken ein möglichst ebenes, unverzerrtes Bild zu erhalten, die Anwendung noch exacterer Apparate nöthig erwiesen. Solches wird durch das von Petzval herrührende berühmte Orthoskop erzielt. Das Orthoskop (Fig. 36) besteht aus einer plankonvexen vorderen grösseren und einer hinteren konkavkonvexen kleineren Linsenkombination. Eine von anderen Prinzipien ausgehende Verbesserung hat Dallmayer zu London mit der sogenannten Tripletlinse (Fig. 37) erreicht, welche aus drei Linsensystemen besteht und vollkommen frei von Verzeichnung ist. Die Schattenseite dieses Apparates beruht aber, wegen der grossen Anzahl von Gläsern, in der Absorption einer beträchtlichen Menge von Lichtstrahlen, mithin in einer bedeutenden Lichtschwäche des Bildes. Dr. Steinheil in München berechnete neuerdings ein System von Flintglasmenisken, welches sich unter dem Namen Steinheil's Aplanat, die vollste Anerkennung der Fachmänner erworben hat und in Bezug auf Lichtstärke und korrekte Zeichnung bis jetzt das Vorzüglichste leistet. (Vgl. Kap. VIII.)

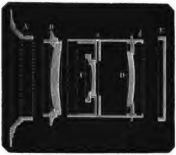


Fig. 37. Dallmeyer's Tripletsystem.

#### 4. DIE PHOTOGRAPHISCHE CAMERA.

Um mit Zuhülfenahme der geschilderten Linsenkombinationen ein photographisches Bild darzustellen, sind die Objektive mit einer photographischen Camera in Verbindung zu bringen. —

Bringt man in einer Wand eines verdunkelten Raumes eine kleine Oeffnung an, so werden sich die ausserhalb befindlichen, beleuchteten Gegenstände auf einer gegenüberliegenden Wand im dunklen Raume verkehrt abbilden. Setzt man in die betreffende Oeffnung eine einfache Linse (Fig. 23), so wird das Bild der ausserhalb befindlichen Gegenstände bei dem Hin- und Herschieben einer der Oeffnung gegenüber gehaltenen weissen Fläche, an einer bestimmten Stelle im dunkeln Raume besonders scharf erscheinen (Fig. 38);

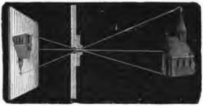


Fig. 38. Bilderzeugung im dunkelen Raume.

steht aber die betreffende weisse Fläche fest, so kann die Schärfe des Bildes nur durch Hin- und Herschieben der Linse selbst erzielt werden. Auf diesen zwei Methoden beruht die Konstruktion einer jeden Camera, sei es zu Zeichnungszwecken oder zu photographischen Aufnahmen. Das Prinzip ist dasselbe, wie es der in der Einleitung zu diesem Kapitel genannte Physiker Baptista Porta bereits gefunden hatte. Im Vordergrunde eines Kastens (Fig. 39) ist eine verschiebbare Linse angebracht, deren Bilder auf der Hinterwand des Apparates erscheinen, oder durch einen in einem Winkel von 45 Graden angebrachten Planspiegel auf eine unter einem Deckel angebrachte matte Glasscheibe nach oben, als reflektirtes Bild, geworfen werden (*ki* Fig. 39). Zwei Jahrhunderte lang diente die Porta'sche Camera obscura nur zu angenehmer Unterhaltung. Mit der Erfindung der Photographie wurde das genannte Instrument aus einem Spielzeug einer der wichtigsten und gebräuchlichsten Apparate zur Förderung von Wissenschaft und Kunst, zur Vervollkommnung der Industrie und des Verkehrslebens.

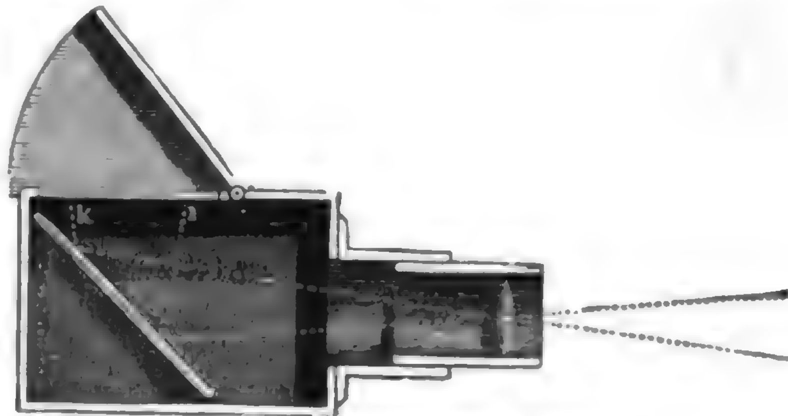


Fig. 39. Gewöhnliche Camera obscura.

Die photographische Camera obscura besteht in ihrer einfachsten Form aus einem viereckigen Kasten, welcher an seiner hintern Seite durch eine mattgeschliffene, bewegliche Glastafel senkrecht abgeschlossen wird. Die Tafel ist entweder seitlich oder von unten nach oben verschiebbar, welche Vorrichtung zum Austausch der matten Scheibe mit der lichtempfindlichen Platte dient.

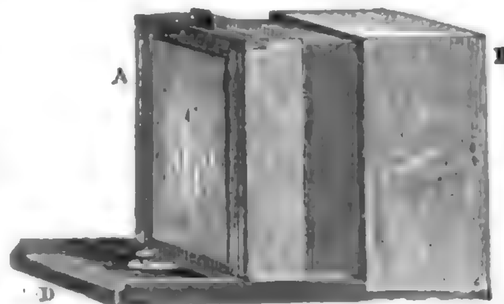



Fig. 40. Camera obscura für photographische Zwecke.

Um die Tafel auch vor- und rückwärts bewegen zu können, sind bei fast allen Camera zwei in einander verschiebbare Kasten angebracht, wie solches an unserer Figur 40 zu ersehen ist. Der Kasten *A* lässt sich in dem Kasten *B* auf dem Verschiebungsbrete *D* hin und her bewegen und durch eine Schraube feststellen.

Eine sehr bequeme, für wissenschaftliche Zwecke recht geeignete

Form ist die sogenannte **Blasebalg-Camera** (Fig. 41). Der Blasebalg *M* muss möglichst lang ausgezogen werden können, was an complizirteren Camera durch einen doppelten Balg erreicht wird, eine Einrichtung, welche bei der photographischen Vergrösserung mikroskopischer Gegenstände sich als sehr förderlich erweist. (Fig. 42.)

Fig. 41. Blasebalg-Camera.

Um stereoskopische Bilder photographisch darzustellen, bedarf es eines besonders konstruirten Kästchens. (Figg. 43, 44, 45). Dasselbe ist nur mit einem Objektive versehen, während matte Scheiben (Fig. 44) und Kassette (Fig. 45) zur Aufnahme zweier Bilder eingerichtet sind. — Komplizirtere Stereoskop-Aufnahmeapparate

Fig. 42. Camera mit doppeltem Blasebalgauszuge.

mit 2 Objektiven sind zur Erreichung eines stereoskopischen Bildes nur dann nothwendig, wenn in Bewegung begriffene oder in nächster

Fig. 43. Stereoskop-Camera mit einem Objektive. Fig. 44. Mattes Glas. Fig. 45. Kassette.

Nähe befindliche Figuren dargestellt werden sollen. Die Bedingung zur Entstehung eines stereoskopischen Effektes liegt, wie wir später ein-

gehend beleuchten werden, in dem Umstande, dass die beiden Bilder unter einem differenten Winkel aufgenommen sein müssen, was schon durch eine minimale Drehung des einfachen Apparates um seine Verticale in der Weise erreicht wird, dass das eine Bild etwas mehr von der rechten, das andere etwas mehr von der linken Seite zur Darstellung gelangt.

Wichtig bei stereoskopischen Naturaufnahmen ist die Anwendung eines Momentanverschlusses, um in Bewegung befindliche Körper bei heller Beleuchtung aufnehmen zu können. Zu solchen Aufnahmen ist eine Camera mit zwei gleichzeitig arbeitenden Objektiven nöthig. Der einfachste Momentanverschluss besteht aus einem leicht um ein Scharnier beweglichen Brettchen $OR$, welches an der Schraube $h$ rasch auf- und zugeklappt werden kann (Fig. 46). Die Zeit, welche das Auf- und Zuklappen des Brettchens erfordert, ist aber oftmals noch zu lange, um in Bewegung begriffene Dinge auf der empfindlichen Scheibe scharf zu erhalten.

Fig. 46. Momentverschluss mit Drehbewegung.

Fig. 47. Momentverschluss mit elastischer Führung.

Einen rascheren Verschluss suchte man daher mit folgender Einrichtung zu erreichen: Fig. 47 $AB$ und $CD$ sind zwei dünne Brettchen, welche mit je zwei viereckigen Ausschnitten versehen sind; beide sind leicht über einander verschiebbar und ihre Ausschnitte gegenseitig durch das Holz der Brettchen gedeckt. Ein Kautschukfaden $p$ verbindet

diese Bretchen in der Weise mit einander, dass, sobald derselbe angezogen ist, durch die Bretchen die Oeffnungen *MN* lichtdicht verschlossen werden. — Bei *m* ist ein federnder Schnäpper angebracht: durch einen Druck auf den Schnäpper werden die angespannten Fäden ausgelöst, die Bretchen schiessen an einander vorüber und während dieser kurzen Zeit kann chemisch wirksames Licht durch *M* und *N* eindringen.

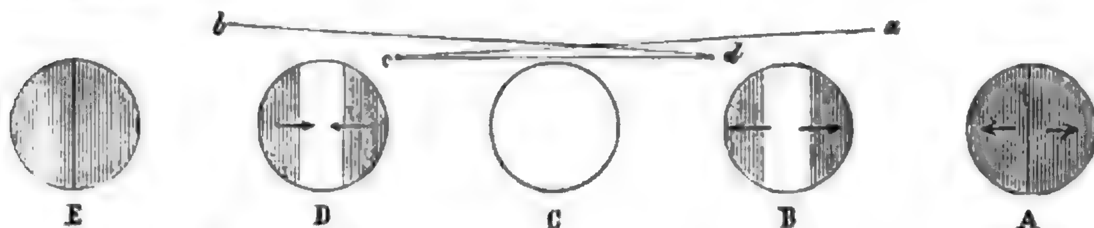


Fig. 48. Schematische Darstellung der Momentan-Verschlüsse.

Fig. 48 zeigt von *A* bis *E* eine schematische Darstellung der Bewegung der beiden Bretchen, im Momente des Vorbeischiessens vor den Objektiven. Die Zeit des Lichteintrittes ist je nach der Anspannung der Fäden $^1/_7$ bis $^1/_{10}$ Sekunde.

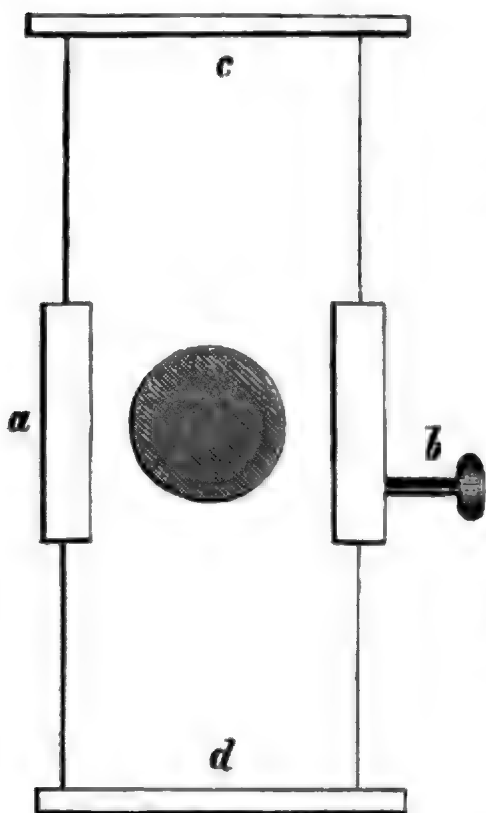


Fig. 49. Momentanverschluss mit Fallbret.

Ein weiterer sehr einfacher Momentanverschluss besteht in einem Rähmchen, welches auf der Sonnenblende des Objektives sitzt (Fig. 49). In dem Rähmchen *ab* bewegt sich ein länglicher Schieber *cd* mit grösster Leichtigkeit auf und ab. Derselbe hat in der Mitte eine kreisrunde Oeffnung; oben und unten ist der Schieber mit je einer Leiste versehen. Zieht man diesen Schieber in die Höhe, und stellt ihn durch den Schnäpper *b* fest, so ist das Objektiv lichtdicht geschlossen. Durch einen Druck auf den Schnäpper wird der Verschluss ausgelöst und das Bretchen fällt durch seine eigene Schwere herab und an dem Objektiv vorüber, wird aber sofort durch die vorstehende Leiste *C* am Weiterfallen gehindert; es öffnet sich dadurch das Objektiv momentan. Durch Anbringung eines gespannten Gummifadens bei *d*, welcher im Augenblicke der Exposition entspannt wird, kann ein noch weit rascheres Vorübergleiten erzielt werden.

### 5. DIE KASSETTE.

Mit diesem Namen bezeichnet man den von dem Begriffe einer photographischen Camera unzertrennlichen Schieber, welcher die lichtempfindliche Platte einschliesst und bei der photographischen Aufnahme an die Stelle der matten Scheibe eingefügt wird. Bei Konstruktion der Kassette ist hauptsächlich auf den lichtdichten Verschluss der empfindlichen Platte Rücksicht zu nehmen.

Die Kassette Fig. 50 besteht aus drei Haupttheilen, dem Rahmen *r*, dem Deckel oder Thürchen *b* und dem Schieber *a*; dieselbe ist innen geschwärzt. An den Ecken (*c* Fig. 50) sind Silberdrähte, Holz-, Glas- oder Beinstückchen als Stütze für die einzulegenden Glasplatten angebracht; das Thürchen oder der Deckel ist an seiner Innenseite mit einer Feder versehen, welche die präparirte Glasplatte gegen den Rahmen leudrückt. Zu Aufnahmen von geringerem Umfange werden Einlegrahmen (Fig. 51), welche den inneren Raum der Kassette zu verkleinern geeignet sind, benutzt.

Fig. 50. Kassette.

Von Vortheil ist eine an dem unteren Querstücke des Rahmens angebrachte Rinne Fig. 52, welche die von einer feucht präparirten Platte abfliessende Silberlösung aufzunehmen und nach aussen zu führen bestimmt ist.

Fig. 51. Einlegrahmen.

Alle Kassetten, seien solche zur Aufnahme mehrerer oder nur einzelner Platten bestimmt, beruhen auf demselben Prinzipe; wir können dieselben demnach hier übergehen, besonders da bei den zu beschreibenden Apparaten für wissenschaftlich-photographische Zwecke, uns Camera, Objektiv und Kassette in verschiedenster Form wieder begegnen werden, und welche nur in Verbindung mit den zugehörigen Instrumenten, z. B. dem Teleskope, dem Mikroskope, dem Ophthalmoskope und dgl. ein besonderes Interesse darbieten.

Fig. 52. Rinne der Kassette.

## 6. DAS STEREOSKOP.

Die Erfindung des Stereoskops ist so enge mit der Erfindung der Photographie verknüpft, und es gereicht die eine Erfindung der andern so sehr zur Stütze, dass wir es nicht unterlassen dürfen, einen kurzen Blick auf Entstehung, Konstruktion und Anwendungsweise des genannten Instrumentes zu werfen. Auch dient das Stereoskop nicht zur Unterhaltung allein; es ist vielmehr ganz besonders zu Unterrichtszwecken auf den verschiedensten Gebieten der Naturgeschichte verwendbar und liegt eben in dem Umstande, dass uns das Stereoskop die Einzelheiten der Gegenstände in ungemein klarem, plastischem Bilde vor das Auge führt, und neben einer scharfen Bildgebung dem Blicke die Tiefendimensionen der Körper erschliesst, sein hoher Werth für naturhistorische Studien.

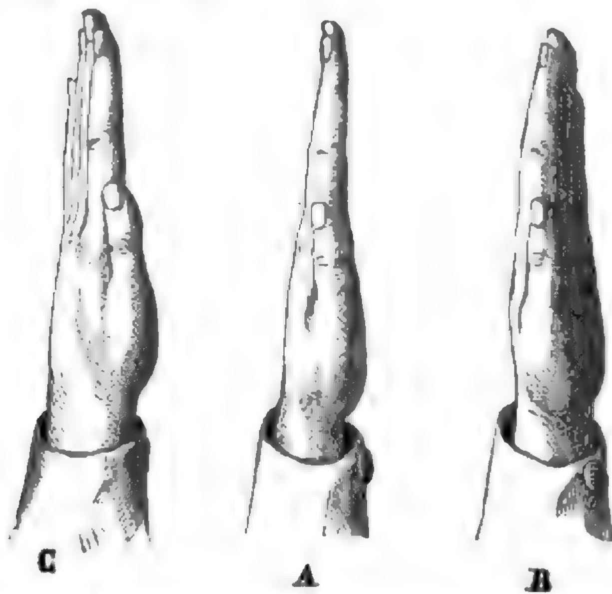


Fig. 53. Betrachtung eines Gegenstandes von zwei Seiten.

Alle Gegenstände erzeugen auf der Netzhaut unseres Auges, wie in der Camera obscura, ein reelles Bild. Sehen wir einen Gegenstand gleichzeitig mit beiden Augen an, so sind die beiden im Hintergrunde unserer Augen entwickelten reellen Bilder nicht ganz genau übereinstimmend. Bei der Vereinigung der Netzhautbilder durch die Empfindung unseres Gehirnes werden die beiden Eindrücke mit einander verbunden, so dass nur *ein* Bildeindruck uns zum Bewusstsein kommt, welcher aus den beiden vom Sehnerven nach dem Gehirne übergeleiteten Bildern sich kombinirt. Aber nicht nur der Arbeit des Sehnerven und den mit dessen Fasern in Verbindung stehenden Ganglienzellen unseres Centralnervenorganes verdanken wir die Möglichkeit des Einfachsehens, sondern auch der seit unserer Kindheit geübten Gewohnheit und der Kraftanstrengung der Augenmuskeln, durch deren Organisation wir die Augen so auf die Gegenstände zu richten vermögen, dass das eine Bild, welches wir betrachten, das andere ergänzt. Schon auf dem Wege zu unserem empfindenden Gehirne wird ein Bild des Objekts konstruirt, welches wir in Breiten-, Höhen- und Tiefenausdehnung zu beobachten lernen.

Wenn wir einen Gegenstand mit beiden Augen zu gleicher Zeit betrachten, so sehen wir ihn wie er wirklich ist, d. h. hervorragend,

plastisch, im Relief. Hält man die ausgestreckte Hand, wie es unsere Fig. 53 darstellt, senkrecht in einer Entfernung von ungefähr 8 Zoll vor die Nase, so dass der Daumen dem Gesichte zugekehrt ist, und schliesst man das eine, für unser Bild das rechte Auge, während man das linke öffnet, so wird man den Rücken der Hand *C* sehen. Schliesst man dagegen das linke Auge und öffnet das rechte, so wird das Bild total verändert sein und wir werden die Innenfläche der Hand *B* sehen. Oeffnen wir aber beide Augen zugleich, so wird ein aus der Innen- und Aussenfläche der Hand kombinirtes Bild unserer Empfindung als körperliche Erscheinung *A* zugeführt werden.

Auf demselben Grundprinzipe beruht die Konstruktion des Stereoskops. Stereoskopische Bilder müssen, wenn der Beobachter den Eindruck des Körperlichen erhalten soll, von den Gegenständen so abgenommen sein, als wenn der Beobachter bei getrennter Betrachtung beider Bilder jede Seite des Gegenstandes einzeln betrachten würde.

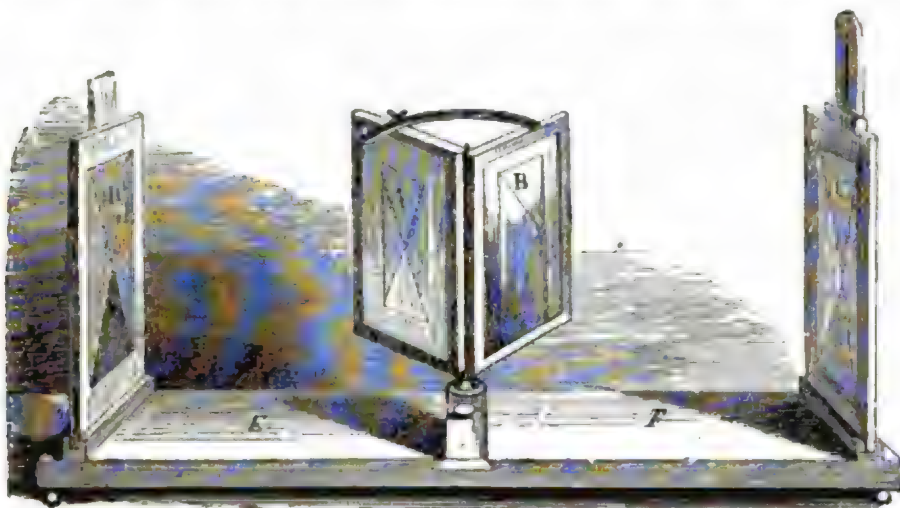



Fig. 54. Wheatstone'sches Spiegelstereoskop.

Im Jahre 1584 fand man zu Mailand ein Manuskript des grossen florentinischen Malers Leonardo da Vinci, welches von einem verschiedenartigen Eindruck eines Bildes auf unsere beiden Augen handelt. Mehrere Jahre später behandelte Porta, der Erfinder der Camera obscura, denselben Gegenstand, und wies durch Originalzeichnungen nicht nur das Verschiedensehen mit beiden Augen nach, sondern er ersann auch schon die theoretische Konstruktion eines Stereoskopes. Die Schüler Porta's erwähnen wol jene Erfindung, doch schweigen die späteren Werke wieder vollständig über Porta's Resultate, so dass von dem 17. Jahrhundert bis auf unsere Zeit nirgends Etwas von einem Stereoskope zu finden ist.

Erst im Jahre 1834 hatte ein englischer Physiker, Elliot, den Gedanken, ein Instrument von stereoskopischer Wirkung zu konstruiren;

Derselbe führte jedoch diesen Gedanken weiter nicht aus, indem ihm im Jahre 1838 Wheatstone durch die Erfindung des Spiegelstereoskops zuvorkam. Wheatstone legte der britischen Gesellschaft für wissenschaftliche Forschungen in einer Abhandlung über die Physiologie des Sehens die neue Erfindung vor. Er bewies seine Theorie des Sehens durch Demonstration eines Instruments, mittels dessen er zwei auf eine Ebene gezeichnete Bilder mit dem Effekte von Tiefendimensionen dem Auge vorführte. Das Wheatstone'sche Stereoskop (Fig. 54) besteht aus zwei Spiegeln *AB*, welche unter einem Winkel von 45 Grad geneigt sind. *C* und *D* sind zwei aufrecht stehende Bretchen, an welche die Bilder befestigt werden können. Die Lichtstrahlen, welche von *C* und *D* kommen, werden von *A* und *B* gegen das vor diesen beiden Spiegeln befindliche Auge so reflektirt, als kämen sie von den in den Spiegeln *A* und *B* befindlichen Spiegelbildern. Vor diesen Spiegeln senkrecht zur Fläche *EF* ist ein in unserer Zeichnung weggelassenes Bret angebracht, das, für den Durchblick der Augen, mit zwei Löchern versehen ist. Durch die beiden Spiegel werden beide Bilder nach einer Stelle geworfen, so dass der in die Spiegel Sehende glauben muss, die beiden Bilder kommen von einem einzigen Gegenstande her. Sind die beiden Originalbilder in verschiedenem Winkel aufgenommen worden, so entsteht für den Beschauer der Eindruck eines körperlichen Gebildes.

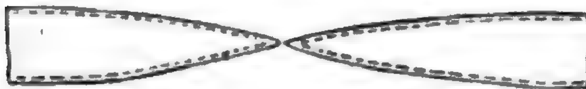


Fig. 55. Stereoskop-Prismen.

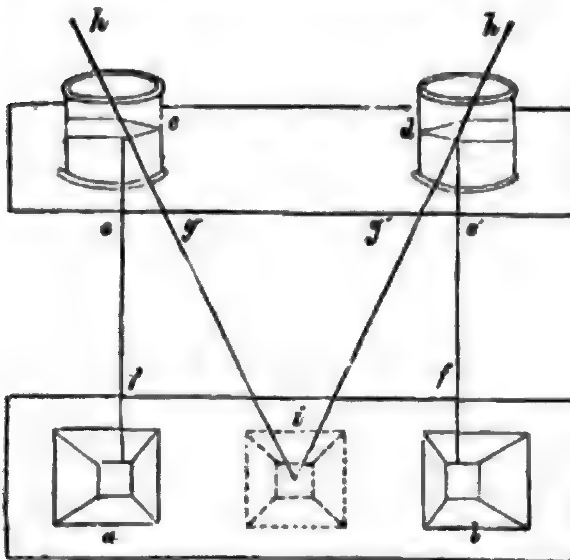



Fig. 56. Prinzip des stereoskopischen Apparats.

Obwol das Wheatstone'sche Stereoskop auf den ersten Anblick sehr einfach zu sein scheint, so ist es doch schwierig zu handhaben; es ist sehr schwerfällig gebaut und es können die beiden Planspiegel erst nach mannichfachen Drehbewegungen in die richtige Lage gebracht werden.

Mit dem Ersatz der Spiegel durch Prismen hat David Brewster ein viel bequemeres und handlicheres Instrument dargestellt, und dadurch eine allgemeinere Anwendung herbeigeführt. Das Stereoskop von Brewster enthält in einer rechteckigen Büchse zwei Prismen, die, wie aus unserer Fig. 55 zu ersehen ist, mit der brechenden Kante gegeneinander

gestellt sind. Diese Prismen müssen völlig gleich geschliffen sein, damit die Lichtstrahlen gleichmässig gebrochen dem Auge zugeführt werden und sich dadurch die beiden Bilder mathematisch decken. Unsere Fig. 56 zeigt den Gang der Lichtstrahlen in einem Prismenstereoskop. Bei *a* und *b* sind zwei Zeichnungen angebracht, welche gleichsam einem von rechts und links aufgenommenen Bilde entsprechen. Das rechte Auge *h* blickt durch das Prisma *c* nach der Zeichnung *a*, das linke Auge *h'* durch das Prisma *d* nach der Zeichnung *b*. Eine in unserer Abbildung weggelassene Scheidewand verhindert das Abschweifen des einen Auges auf das andere Bild. Die von den Zeichnungen ausgehenden Strahlen *ae* und *be'* werden durch die Prismen in der Richtung *hi* gebrochen, so dass sich die Bilder in *i* treffen müssen; beide Augen sehen daselbst nur ein Bild, welches, da es von zwei verschiedenen Seiten aufgenommen worden war, dem Beobachter körperlich erscheinen wird.

Fig. 57. Prismenstereoskop.

In neuester Zeit hat man die Stereoskope sehr handlich nach Art der Operngläser dargestellt und werden solche nach der Angabe von Helmholtz jetzt allgemein mit Linsenkombinationen und Schraubeneinrichtungen zum Einstellen der Bilder angefertigt. Unsere Fig. 57 zeigt das gebräuchlichste Prismenstereoskop, an dessen seitlicher Wand eine Klappe zum Einlassen des Lichtes angebracht ist, während die prismatischen Gläser ebenfalls durch eine Klappenvorrichtung zu Reinigungszwecken auf- und niedergeschoben werden können. Die Bilder werden durch den im Boden befindlichen Schlitz eingeschoben. Unsere Fig. 58 zeigt einen zum

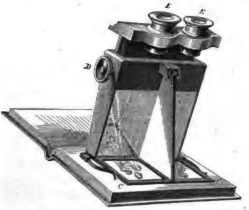


Fig. 58. Stereoskop mit prismatischen Linsen.

Digitized by Google

Zusammenklappen eingerichteten stereoskopischen Apparat, bei welchem die Linsensysteme *EE* verdoppelt sind, um eine stärkere Vergrösserung des Bildes zu erzielen. Ausserdem befindet sich an diesem Apparat bei *D* eine Schraube zum Einstellen. Diese Schraube hat den Zweck, die Weite des deutlichsten Sehens auch für nicht normale Augen herbeizuführen. Bei dem normalen Auge beträgt diese Sehweite für nahe Gegenstände ungefähr 20 Centimeter. Beim kurzsichtigen Auge ist diese Entfernung kleiner, bei dem weitsichtigen ist sie grösser. Durch das Drehen an der Schraube *D* Fig. 58 kann diese Entfernung beliebig regulirt werden.

Wenn man mit beiden Augen sehr weit entfernte Gegenstände betrachtet, so verschwindet der Eindruck des Plastischen, weil der Zwischenraum, welcher unsere beiden Augen von einander trennt, und der Gesichtswinkel, in welchem wir jene Gegenstände betrachten, so klein sind, dass die beiden Bilder eines weit gelegenen Gegenstandes keinen verschiedenen Eindruck mehr auf die Netzhäute beider Augen machen und dadurch den Eindruck des Reliefs verlieren. Um den Eindruck des Reliefs auch auf weite Entfernungen dem Auge zu erhalten, hat Helmholtz ein Instrument konstruirt, welches er Telestereoskop nannte. Nach des genannten Forschers Angabe stellt man zu diesem Zweck eine ungefähr $1\frac{1}{2}$ Meter lange Holzdiele quer vor sich hin. An den Enden dieser Diele werden zwei Spiegel angebracht, welche im Winkel von 45 Grad zur Mittellinie der Diele geneigt sind. In der Mitte, 75 Centimeter von beiden Enden entfernt, werden zwei kleine Spiegel, parallel den schon erwähnten, circa 2 Zoll von einander entfernt, aufgestellt, so dass der Beobachter mit dem rechten Auge in den einen, mit dem linken in den andern dieser kleinen Spiegel hineinblicken kann, um auf diese Weise auf einmal die beiden Bilder der entfernten Landschaft, welche in den beiden grossen Spiegeln sich abbilden, beobachten zu können. So entsteht ganz analog dem stereoskopischen Sehen mit kleineren Apparaten der Eindruck des Reliefs, und man kann nach dieser Methode Gegenstände, welche bis zu 1500 Meter entfernt sind, von dem Hintergrund plastisch sich abheben sehen.

Die für ein Stereoskop bestimmten photographischen Aufnahmen müssen, um den Eindruck eines Reliefs zu bieten, in ihren Einzelheiten im Centrum zusammen stimmen, während die Seiten etwas von einander verschieden sein können. Es folgt daraus, dass beide Bilder ein wenig mehr seitlich aufgenommen werden müssen. Der Winkel, unter welchem diese Aufnahmen vorzunehmen sind, richtet sich nach der Entfernung der betreffenden Gegenstände. Derselbe wird für die stereoskopische Aufnahme einer Landschaft kleiner sein, als für einen

naheliegenden Gegenstand. In dem ersteren Falle bedient man sich gern zweier Camera, im letzteren Falle reicht eine einzige, welche man in ihrer Stellung etwas verschieben kann, aus.

Die sichersten photographischen Erfolge zur Erzielung des stereoskopischen Effektes werden mit der schon auf Seite 37 erwähnten, mit zwei gleichen Objektiven versehenen Doppelcamera erreicht (Fig. 59); die Objektive sollen seitlich verschiebbar sein, da der Aufnahmewinkel je nach der Entfernung der Gegenstände zu berücksichtigen ist. Die gewöhnliche Entfernung der Objektive von einander variirt zwischen 10 bis 30 Centimeter, übersteigt jedoch bei den grössten Fernsichten niemals einen Meter, in welch letzterem Falle zwei getrennte Apparate zu benutzen sind.

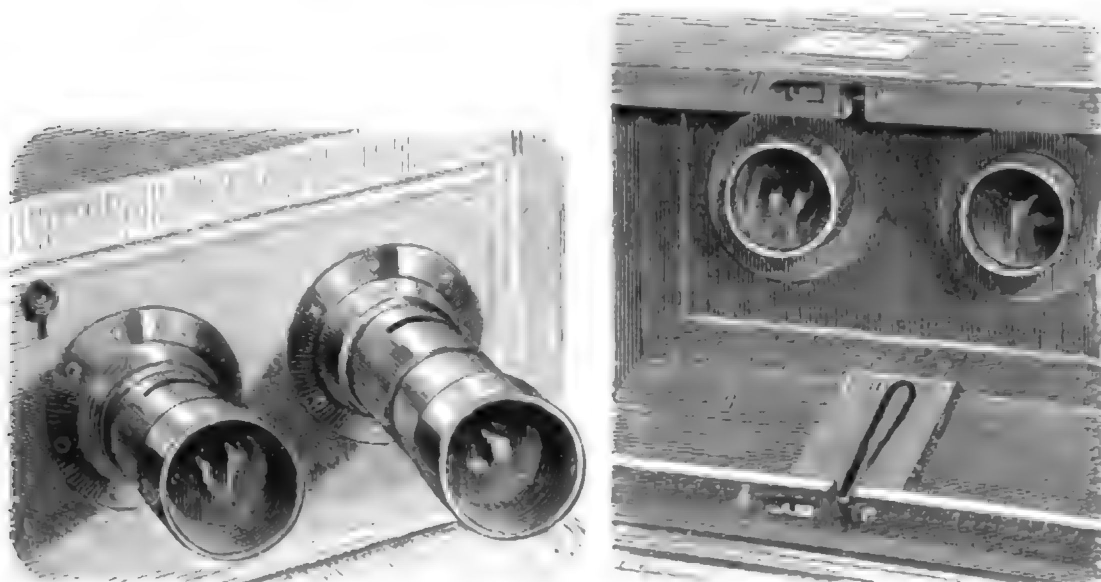


Fig. 59. Aeussere und innere Ansicht einer Stereoskop-Doppelcamera.

Die Kopien der gewonnenen Photographien müssen wegen des umkehrenden Einflusses der Linsenkombinationen so auf den Carton geklebt werden, dass das stereoskopische Bild, welches in der Natur das rechtsgelegene war, auf der Kopie links zu stehen kommt; das in der Natur links befindliche Bild muss aus gleichen Gründen rechts gestellt werden; anderen Falls fehlt der richtige stereoskopische Effekt.

In wissenschaftlicher Beziehung bietet die stereoskopische Photographie besonders für astronomische, anatomische und mikroskopische Darstellungen mannichfache Vortheile, indem der stereoskopische Effekt dem Auge rasch und exakt über Schwierigkeiten der Definition hinweghilft, deren Klarlegung ohne die genannte Unterstützung sehr zeitraubende und mühsame Studien verlangen würde.

## DRITTES KAPITEL.

## DIE CHEMISCHEN WIRKUNGEN DES LICHTES UND DIE KÜNSTLICHEN LICHTQUELLEN.

### 1. DIE CHEMISCHEN WIRKUNGEN DES LICHTES.

Wenn wir auch in Bezug auf das Wesen des Lichtes selbst noch nicht alle Erscheinungen mit mathematischer Genauigkeit zu erklären vermögen, und obgleich unser bezügliches Wissen nur auf Theorien beruht, so ist uns doch wenigstens der Einfluss des Lichtes auf die gesammte Natur in mannichfacher Richtung offenbart. Wir haben gesehen, dass das Licht kein besonderer Stoff, sondern nur das Resultat minimaler Bewegungen sei. Diese Bewegungen erzeugen in ihrer Addition Lichtwirkungen, Wärmewirkungen und chemische Wirkungen.

Erst in dem vorigen Jahrhundert hat man die Beziehungen des Thierreiches, des Pflanzenreiches und des Mineralreiches zu den Einwirkungen des Lichtes genauer erforscht. Pristley, Ingenhouss, Senebier und Scheele stellten mannichfache Versuche an und fanden, dass die Pflanzen unter Einwirkung des Lichtes Sauerstoff abgeben.

Pristley lenkte seine Studien auf den aus niederen Pflanzen und Thiergebilden bestehenden schleimigen grünen Inhalt der Tümpel und Sümpfe und fand, dass jener grüne aus mikroskopischen Thierchen und Pflänzchen bestehende Schleim seine Farbe dem Chlorophyll verdanke, demselben Stoffe, welcher im Sommer an Wald und Wiesen unser Auge erfreut und der dem Lichte seine Entstehung verdankt.

Senebier wies nach, dass das Sonnenlicht den Blättern die Fähigkeit verleiht, die Kohlensäure zu binden und den Sauerstoff abzugeben und dass infolge dessen das pflanzliche und das thierische Leben einzig und allein durch das Licht der Sonne im Gleichgewichte gehalten werden, während die Untersuchungen L. Scheele's sich auf das Verhalten der Mineralien gegen das Licht beziehen.

Die Strahlen des von der Sonne zu uns gelangenden Lichtes sind von drei eigenthümlichen, von einander trennbaren Eigenschaften

begleitet, welche ihre Wirkung, durch Lichteffekte, durch Wärmeerregung, sowie durch chemische Einflüsse geltend machen. Diese Eigenschaften vertheilen sich, nachdem man das Licht durch ein Prisma in seine Elemente, die Spektralfarben, zerlegt hat, auf die verschiedenen Theile des Farbenspektrums in verschiedener Intensität; so wirkt z. B. das rothe Licht in vieler Beziehung anders als das grüne, der gelbe Strahl anders als der blaue und so fort. Den unserem Auge noch wahrnehmbaren Aetherschwingungen, welche im Violett sich offenbaren, reihen sich die noch stärker von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkten unsichtbaren Strahlen, die über- oder ultravioletten an, während jenseit der noch sichtbaren rothen Farbe infrarothe Strahlen sich vorfinden, die durch ihre geringe Brechbarkeit sich auszeichnen.

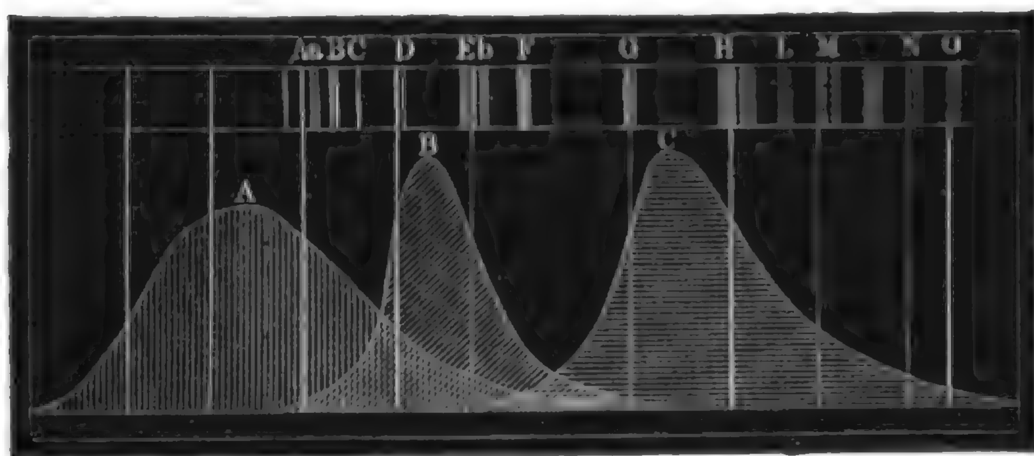



Fig. 60. Wärme-, Licht- und chemische Strahlen.

Erstere Gattung von Strahlen, die ultravioletten, verrathen ihre Gegenwart durch bedeutende chemische Wirkungen, welche Eigenschaften der violette und der blaue Strahl theilt, während den übrigen Farben eine nur mässige chemische Einwirkung zukommt. Die rothen und unsichtbaren infrarothen Strahlen verkünden dagegen ihr Dasein durch bedeutendere Wärmeentwicklung. Die gelben und grünen Strahlen endlich zeichnen sich durch besonderes Leuchtvermögen aus. Wir begegnen hier der merkwürdigen Thatsache, dass die hellleuchtenden gelben und hellrothen Strahlen sehr wenige chemische Wirkungen äussern, während die dunkleren Theile des sichtbaren Spektrums sowie die unsichtbaren violetten Strahlen die Silbersalze hauptsächlich schwärzen. Die letztere Thatsache wurde zuerst von Ritter und Scheele zu Anfang dieses Jahrhunderts entdeckt. Die Vertheilung der genannten Eigenschaften auf die einzelnen Spektralfarben (siehe Kapitel VII) ist aus der schematischen Darstellung Fig. 60 ersichtlich. Das sichtbare Sonnenspektrum erstreckt sich von *A* bis *H*. In dem ersten Drittel desselben,

zwischen *D* und *E*, steigt der Hügel *B*, welcher die grösste Helligkeitsintensität darstellt und welchen wir nach der Originalzeichnung des berühmten Münchener Optikers Fraunhofer in Fig. 61 noch besonders abgebildet haben, hinan, während zwischen *G* und *H*, dem dunkelvioletten Theile des Spektrums der chemisch wirksamste Theil als Hügel *C* bezeichnet ist und der Hügel *A* den wärmsten Theil des Sonnenspektrums im rothen Ende schematisch darstellen soll.

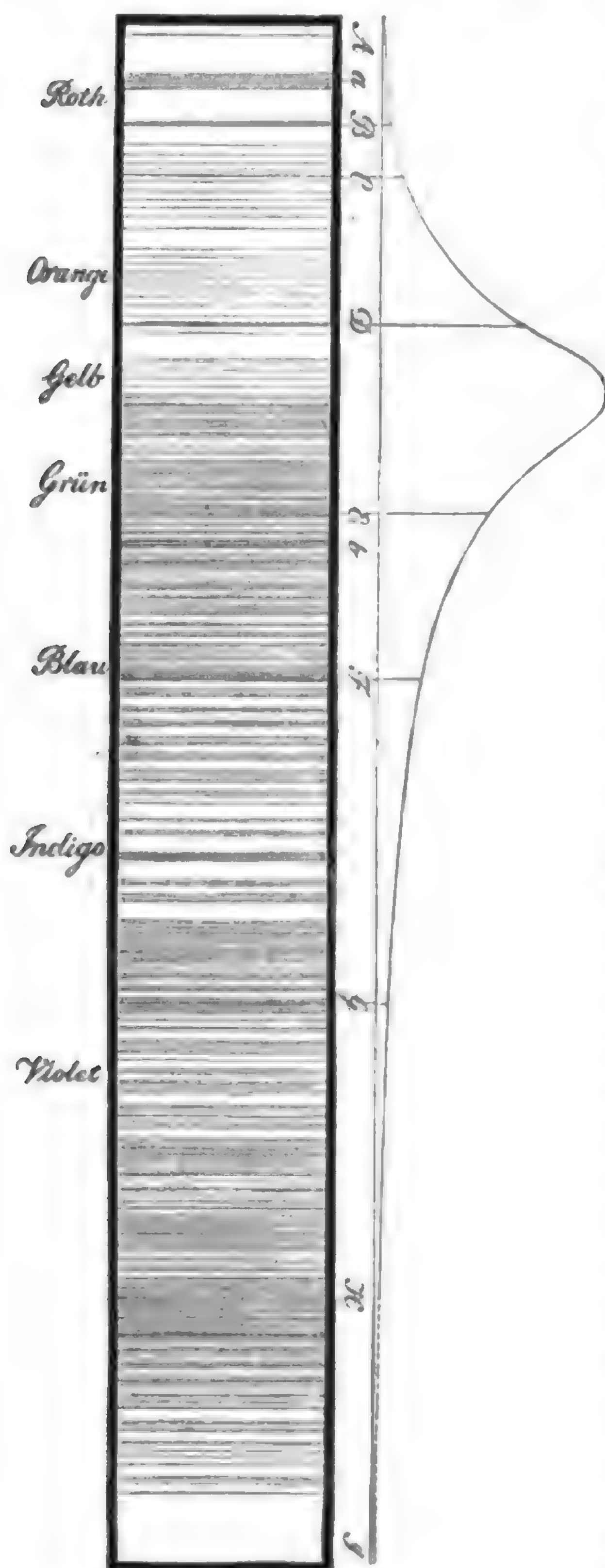



Fig. 61. Frauenhofer'sches Spektrum.

Die differenten Eigenschaften des Lichtes können auch in anderer Weise getrennt nachgewiesen werden. Lässt man z. B. das Licht gewisse Medien passiren, so kann je nach Anwendung gewisser Stoffe, die leuchtende, die wärmende oder die chemische Eigenschaft des Lichtes von dem betreffenden Stoffe absorbirt oder verschluckt werden. Für die Absorption der leuchtenden Eigenschaften hat der berühmte Physiker Professor Tyndall durch einen geistreichen Versuch gezeigt, dass Strahlen unsichtbaren Lichtes durch bedeutende Wärmeentwicklung wahrnehmbar werden können: er lässt das Licht einer elektrischen Lampe durch eine konzentrirte Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff, eine vollkommen undurchsichtige Flüssigkeit, gehen, welche die leuchtenden Strahlen absorbirt, die unsichtbaren Wärmestrahlen aber durchlässt; Tyndall beweist diese Thatsache dadurch, dass er in dem dunkeln Brennpunkte des Hohlspiegels Schiesspulver und

Papier sofort zu entzünden, ja sogar ein Platinablech an einer vollkommen dunkeln Stelle zur Rothglühhitze zu bringen vermag.

Einfacher ist der Nachweis der Trennung der chemisch-wirksamen Strahlen. Bekanntlich verbinden Chlor und Wasserstoff sich chemisch unter der Einwirkung des Lichts mit einer heftigen Detonation. Lassen wir nun dieses Licht eine gelbe oder rothe Glasscheibe passiren, so wird die Verbindung mit Begleitung der Detonation nicht vor sich gehen, lassen wir das Licht hingegen eine, wenn auch sehr dunkelviolette oder blaue Scheibe passiren, so wird die Mischung unter Bildung von Chlorwasserstoff sofort explodiren.

Der Grad, in welchem die verschiedenen Strahlen des Sonnenspektrums sowie das gemischte weisse Licht auf verschiedene Stoffe einwirken, hat zu genauen bezüglichen Messungen Veranlassung gegeben, auf welche die Wissenschaft der Photometrie begründet wurde.

### 2. DIE PHOTOMETRIE.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Lichtintensität eines brennenden Körpers je nach der Entfernung des beleuchteten Objekts von der Lichtquelle sowie im Verhältnisse zu deren Leuchtkraft ab- oder zunimmt. Die differenten Wirkungen des Lichtes haben demnach ihren Grund sowol in den leuchtenden Eigenschaften der Lichtquelle selbst, als auch in der Entfernung des beleuchteten Gegenstandes von dem Ausgangspunkte des Lichtstrahles. Diese Differenzen messen zu können, bietet nicht allein ein rein wissenschaftliches Interesse dar, es ist vielmehr die Lichtmesskunst, oder Photometrie in den jüngsten Jahren nach Einführung des photographischen Kohledruckverfahrens auch zu hoher praktischer Bedeutung gelangt.

Trotz der grossen Fortschritte in der Optik besitzen wir aber zu genannten Zwecken immer noch keine hinreichenden Instrumente. Analoge Apparate, wie das Barometer für den Luftdruck, das Thermometer für die Lufttemperatur, fehlen uns bis heute noch für die Messung des Lichtes, obwol wir durch die photographischen Lichtmessmethoden dem gewünschten Probleme einen Schritt näher gerückt sind.

Die ersten wissenschaftlichen Beobachtungen über die Lichtintensität wurden im Jahre 1699 angestellt, als Christian Huyghens das Licht des Sirius mit dem der Sonne verglich. Er bediente sich hierzu eines Fernrohres, von welchem er die eine Linse durch eine mit einer kleinen kreisrunden Oeffnung versehene Papierscheibe bedeckt hatte. Indem er den Tubus auf die Sonne richtete, liess er das Sonnenlicht durch das Scheibchen hindurch auf ein weisses Blatt Papier fallen. Einen zweiten Tubus richtete er nach dem Sirius und vergrösserte die in einem gleichen

Scheibchen befindliche runde Oeffnung allmählich und so lange, bis die durchfallenden Sirius-Strahlen auf das weisse Papier dieselbe Lichtwirkung hatten, wie die Sonnenstrahlen, welche durch jene kleine Oeffnung des anderen Tubus gingen. Aus der differenten Grösse der beiden Oeffnungen berechnete er die Lichtdifferenz des Sirius- und des Sonnenlichtes.

Später befassten sich Celsius, Nouet und Bouguer mit der Photometrie, bis im Jahre 1760 Lambert das erste bezügliche bedeutendere Werk »Photometria« verfasste, und in unserem Jahrhundert die trefflichen Arbeiten von Rumford, Bunsen, Roscoe und Zöllner der genannten Wissenschaft mehr Bedeutung gaben.

Fig. 45. Rumford's Photometer.

Bei dem Rumford'schen Photometer zeigen die Bilder eines undurchsichtigen Körpers, welcher von zwei verschieden starken Lichtquellen beleuchtet ist, einen verschiedenen Grad von Dunkelheit. Die Schatten des betreffenden Körpers können zu gleicher Stärke gebracht werden, wenn das hellere Licht weiter von dem undurchsichtigen Körper entfernt wird als das weniger helle Licht. Nehmen wir z. B. an, dass die Leuchtkraft eines Gaslichtes mit der Leuchtkraft eines gewöhnlichen Talglichtes verglichen werden solle. Stellen wir vor einen mit weissem Papier überspannten Rahmen einen schwarzen cylindrischen Stab (Fig. 45), setzen wir dann die Lichtquellen derart auf, dass die Schatten des Stockes so auf das Papier fallen müssen, dass sie sich fast berühren; entfernen wir allmählich diejenige Lichtquelle, welche den intensiveren Schatten giebt, soweit, bis das Auge keine Differenz in der Intensität

beider Schatten mehr unterscheiden kann, so verhalten sich die Leuchtkräfte der beiden Lichtquellen wie die Quadrate ihrer Entfernungen von der weissen Wand.

Von ähnlichen Voraussetzungen ausgehend, hat Bunsen ein Photometer von folgender Einrichtung konstruirt: Ein Fettflecken auf einem Stück Papier erscheint dunkel auf hellem Grund, wenn er von der Vorderseite heller erleuchtet wird, als von der Rückseite, aber hell auf dunklem Grund, wenn ihn von der Rückseite ein helleres Licht bestrahlt. Als Lichtquelle dient eine Lampe mit argandischem Brenner, deren Flamme sich in einem inwendig geschwärzten Blechkasten befindet (Fig. 63). Diesen Blechkasten *c* hat ausser dem Raum für den Lampencylinder nach vorne eine Oeffnung, *d*, in welcher ein Rohr eingesteckt ist, das sich beliebig verlängern und verkürzen lässt. Die äussere Mündung des Rohres ist durch ein Papier verschlossen, auf welches in der Mitte der genannte Fettflecken angebracht ist. Will man den Apparat benutzen, so zündet man die Lampe an und schiebt das Auszugsrohr und eine in *a* stehende zweite Lichtquelle so lange hin und her, bis der von der äusseren Lichtquelle beleuchtete Fettflecken auf dem Fenster verschwindet, und misst den Abstand des Fensters von beiden Lichtpunkten der äusseren Lichtquelle und der inneren Flamme. Das Verhältniss beider Lichtquellen ist gleich dem Verhältniss der Quadrate der Entfernung vom Papiere im Momente des Verschwindens des Fettfleckens.

Fig. 63. Bunsen's Photometer.

In neuester Zeit hat man sich bei photometrischen Untersuchungen vorzüglich des präparirten photographischen Papieres bedient, das man den Einwirkungen des Lichtes aussetzte. Der Umstand, dass die photographischen Papiere nicht überall auf gleiche Weise hergestellt werden, mithin die Einwirkung des Lichts auf dieselben je nach dem Grade ihrer Sättigung mit Silbersalzlösungen eine sehr verschiedene ist, raubt der genannten Methode oft den wissenschaftlichen Werth; solche wird daher vorzüglich zur Bestimmung der Kopirzeit für den photographischen Pigmentdruck und überhaupt im Allgemeinen für photographische Prozesse verwendet. Ein für genannten Zweck sehr hübsch ausgedachtes Photometer hat Prof. Dr. H. W. Vogel in Berlin erfunden. Dieses Instrument besteht aus dünnem Seidenpapier, dessen Dichtigkeitsskala von einem nach dem andern Ende hin gradweise abnimmt: unter der Skala ist lichtempfindliches haltbares Chromatpapier angebracht.

Das Chromatpapier wird nach Vogel's eigenen Mittheilungen »durch Eintauchen von photographischem Rohpapier in eine Lösung von einem Theile chromsauren Kali in 30 Theilen Wasser hergestellt und getrocknet. Das trockene Papier schneidet man in Streifen und füllt damit das Photometerkästchen (Fig. 64). Eine Feder (*f*) drückt die Streifen, wenn der Deckel (*D*) geschlossen ist, gegen die transparente Skala, welche an dem mittels Haken (*Z*) zu schliessenden Glasdeckel (*D*) sitzt. Bei der Exposition scheint das Licht durch die Seidenpapier-Skala hindurch und bräunt den darunterliegenden Streifen. Diese Färbung schreitet von dem dünnen nach dem dicken Ende der Skala hin fort und um so rascher, je stärker das Licht wirkt. Um nun zu erkennen, wie weit die Lichtwirkung nach dem dicken Ende fortgeschritten ist, sind auf die Skala schwarze Zahlen und Zeichen aufgedruckt; diese lassen das Licht nicht durch und werden daher, wenn das Chromatpapier ringsum affizirt ist, weiss auf braunem Grunde erscheinen. Oeffnet man nun das Photometer bei Lampenlicht und beobachtet den Chromatpapierstreifen, so erkennt man die Stelle, bis zu welcher die Lichtwirkung fortgeschritten ist, an der daselbst erschienenen Zahl.« Statt des Chromatpapieres können auch in ähnlicher Weise Chlorsilberpapiere Verwendung finden.

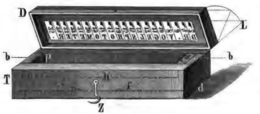


Fig. 64. Vogel's Photometer.

Becquerel hat aus den elektrischen Wirkungen, welche die chemische Thätigkeit des Lichtes hervorbringt, sehr interessante, wenn auch praktisch nicht verwendbare photometrische Methoden hergeleitet. Das Wochenblatt der »Naturforscher« berichtet hierüber in einem Auszuge:

»Wenn man in eine leitende Flüssigkeit zwei Metallplatten setzt, von denen die eine mit einer dünnen Schicht von Chlor- oder Bromsilber bedeckt ist, während die andere eine vollkommen reine Oberfläche hat, und dann die beiden Platten mit den Enddrähten eines Galvanometers verbindet, so erhält man einen elektrischen Strom, so oft man Lichtstrahlen auf die Platte mit der Silberverbindung, fallen lässt. Diese Wirkung rührt von der Zersetzung der Chlor- und Bromverbindung her; man muss hier nur die Vorsicht gebrauchen, dass man eine leitende Flüssigkeit anwendet, welche das Chlorür oder Bromür nicht chemisch verändert.

Digitized by Google

»Becquerel hat in diesem sehr empfindlichen und konstanten Phänomene das Prinzip für einen Apparat gefunden, der geeignet ist, die chemische Intensität verschiedener Lichtstrahlen zu messen, einen Apparat, den er »chemisches Actinometer« genannt hat. Die empfindliche Platte, die er anwendet, ist eine Silberplatte, die man mit einer Schicht von Silberchlorür bedeckt, indem man sie in Salzsäure stellt, als positiven Pol eines elektrischen Stromes, dessen negativer Pol eine Platinplatte ist. Die Silberplatte schwärzt sich dann, indem sie die Farben dünner Blättchen annimmt, und man unterbricht die Wirkung des Stromes, wenn die Silberplatte eine bestimmte violette Farbe angenommen. Die so entstandene dünne Schicht des violetten Chlorürs giebt die regelmässigsten Wirkungen und ist innerhalb derselben Grenzen der Brechbarkeit empfindlich wie die Netzhaut, also zwischen dem äussersten Roth bis zum äussersten Violett. Man kann die Silberplatte auch präpariren, indem man sie in eine verdünnte Lösung von Kupferchlorid taucht. Die präparirten Platten muss man dann, gleichgiltig nach welcher Methode sie dargestellt sind, auf 150 bis 200 Grad erhitzen, wobei sie rosenfarbig werden. Das Erhitzen hat nämlich zur Folge, dass die Platten nicht mehr für Strahlen empfindlich sind, deren Brechbarkeit ausserhalb der Grenzen des sichtbaren Spektrums liegt.

»Hervorgehoben muss aber werden, dass die Intensität des elektrischen Stromes nicht als proportional betrachtet werden kann der Stärke der auf die Substanz ausgeübten chemischen Wirkung, und demnach auch nicht proportional der Intensität des chemischen Lichtes. Das Instrument giebt nur an, ob eine bestimmte Lichtintensität grösser oder kleiner ist unter den einen oder unter den andern Verhältnissen.

»Bringt man daher in die Bahn von Lichtstrahlen, die durch eine Linse parallel gemacht sind, eine Oeffnung mit beweglichen Rändern, und ändert die Breite des einfachen Lichtbündels, also auch die Intensität dieses Bündels, welches stets auf eine gleich grosse Fläche wirken und dieselbe Ablenkung der Galvanometernadel hervorbringen würde, so kann man diese verschiedene Lichtintensität gegen einander vergleichen, welche nach der Breite des wirkenden Bündels sich richtet«.

Weiter wurde die chemische Wirkung des Sonnenlichts vor einer Reihe von Jahren von den berühmten Forschern Bunsen und Roscoe, mittels photographischen Papiers gemessen, das mit einer Schicht von Chlorsilber überzogen war. (Poggendorf's Annalen CVIII Seite 267). Die Methode beruht auf der Einwirkung des Lichts auf genannte Papiere, welche mit photographischen Normalpapieren verglichen werden. Aus dem Grade der Färbung innerhalb einer gewissen Zeiteinheit wird der Schluss auf die chemische Kraft des Lichtes gezogen.

Der Apparat, welchen Roscoe zur Messung der Lichtintensität konstruirt hat, besteht nach de Roth's Mittheilungen aus einem Pendel, »welches in drei viertel Sekunden schwingt und durch seine Oscillation ein Blättchen geschwärzten Glimmers theils vor einen Streifen horizontal liegenden Chlorsilberpapiers schiebt, theils von demselben wegzieht. Die Belichtung jedes einzelnen Punktes in der Länge des Streifens ist verschieden und kann die betreffende Expositionsdauer berechnet werden, wenn die Länge und Lage des Streifens und die Dauer sowie der Umfang der Pendelschwingungen gegeben sind.

»Auf diese Weise werden Normalpapiere dargestellt, welche immer unter gleichem Lichte die gleiche Empfindlichkeit zeigen, und eine konstante Färbung geben, so zwar, dass Licht von der Intensität: 50, welches für die Zeit: 1 auf das Papier fällt, dieselbe Schwärzung hervorruft, wie Licht von der Intensität: 1 welches für die Zeit: 50 das Papier trifft.

»Von diesen Grundsätzen ausgehend, wurde für die Praxis eine einfache Methode dieser Messungen eingerichtet.

»Ein graduirter Streifen Papier, der mit dem Photometerpendel angefertigt wurde, wird in unterschwefligsaurem Natron fixirt und auf ein Bret geklebt, welches eine Skala enthält. Die Schattirungen verschiedener Punkte auf dem befestigten Streifen werden verglichen mit verschiedenen Punkten auf einem graduirten Streifen, der in gewöhnlicher Weise und zwar ohne Fixiren bereitet wurde. Der befestigte Streifen wird kalibrirt und kann dann als Mittel zur chemischen Messung des Lichtes gebraucht werden. Kleine Streifen des Normalpapieres werden eine bestimmte Zeit belichtet, bis sie eine Schwärzung zeigen, welche einer Stufe des befestigten Streifens entspricht. Der Punkt der genauen Coïncidenz wird dann bei einer monochromatischen Natronflamme abgelesen.

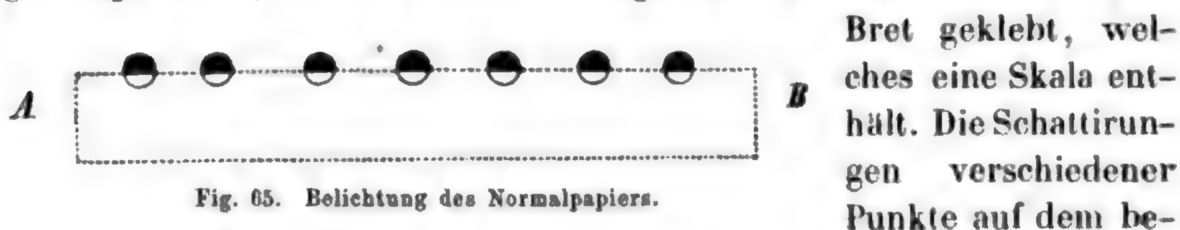


Fig. 65. Belichtung des Normalpapiers.

»Nach der angegebenen Methode werden im Observatorium zu Kew dreimal täglich Beobachtungen über die Intensität des Sonnenlichtes angestellt. Man bedient sich dazu, nach Harrison, eines Streifens Normalpapier von 5 bis 10 cm. Länge und $2^1/_2$ cm. Breite, der hinter einem Streifen gewöhnlichen Papiers *AB* so befestigt ist, dass die runden Löcher des letzteren mit ihrer einen Hälfte den oberen Rand des ersteren an den betreffenden Stellen blosslegen wie vorstehende Fig. 65 erläutert. Beide Streifen sind mit einem Kupferblech überdeckt, bis eine Beobachtung gemacht wird, wo dann eines der Löcher auf einige Sekunden dem Sonnenlichte oder zerstreuten Tageslichte ausgesetzt werden muss.

»Um die Lichtwirkung zu bestimmen, begiebt man sich in ein Dunkelzimmer. Hier wird der Streifen *AB* so befestigt, dass er in *m* Fig. 66 ein kreisförmiges Rad *n* berührt, auf dessen Rande eine Normalpapierskala sich befindet, welche vom dunkelsten Ton bis zum Weiss sich abstuft. Die Linse *l* wirft das Licht einer Natronflamme *q* auf eine Oeffnung im Streifen *kk*, welche zur Hälfte von dem belichteten Normalpapier bedeckt ist, während unter der anderen Hälfte die Normalskala sichtbar wird, die, mittelst des Rades in Drehung versetzt, allmählich die entsprechenden Farbentöne neben einander stellt. Bei vollkommener Identität beider Farbentöne, des frisch belichteten Papieres und des Normalpapieres, hält man das Rad ein und liest die auf dem Normalpapiere für den betreffenden Punkt angegebene Belichtungsdauer ab.« —

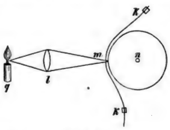


Fig. 66. Beobachtung des belichteten Papiers.

Bunsen und Roscoe haben auf diesem Wege gefunden, dass die chemische Wirkung des Sonnenlichtes um 12 Uhr Mittags am grössten ist und dass diese Wirkung, von 12 Uhr Mittags nach dem Morgen zurück

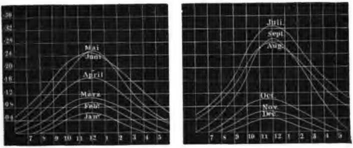


Fig. 67. Lichtintensität zu verschiedenen Jahreszeiten.

und nach dem Abend hin, gleichmässig abnimmt. Unsere Fig. 67 zeigt die Resultate der im Jahre 1866 auf dem Observatorium zu Kew nach der geschilderten Methode vorgenommenen photometrischen Untersuchungen. Es geht aus den betreffenden Kurven hervor, dass wenn man die chemische Intensität im Juli mit 3,2 bezeichnen würde, dieselbe im Dezember nur 0,4 ist. Die übrigen Intensitätshöhen ergeben sich aus den beigedruckten Zahlen für die verschiedenen Zeiten des Jahres und

Digitized by Google

des Tages; in der Mitte des Sommers ist demnach die Wirkung des Lichtes 8mal grösser als in der Mitte des Winters.

In tropischen Gegenden wirkt das chemische Licht der Sonnenstrahlen weit intensiver als in den gemässigten Klimaten. Wenn von reisenden Photographen angegeben wird, dass es um so schwieriger wird, gute photographische Aufnahmen zu erhalten, je mehr man sich dem Aequator nähere, dass man in manchen südlichen Gegenden 20 bis 30 Minuten nöthig habe, um photographische Effekte zu erzielen, so liegt diesen Behauptungen ein grosser Irrthum zu Grunde. — Der rasche Wechsel in der Dichtigkeit der Luftschichten in heissen Gegenden, besonders zur Regenzeit, bedingt eine oft von Minute zu Minute sich ändernde Intensität der chemischen Wirksamkeit des Lichtes. Thorpe hat nach Roscoe's Mittheilungen genaue Messungen bezüglich der chemischen Kraft des Lichtes zu Para in Nordbrasilien angestellt und gefunden, dass die chemische Wirksamkeit auf photographische Platten an hellen Tagen eine ganz aussergewöhnliche sei, und die höchste aktinische Kraft des Lichtes in England um das 4—5fache übersteige. Es scheinen daher jene photographirenden Experimentatoren, welche die Intensität des Sonnenlichtes in den Tropen als eine schwächere darstellen, ihre Platten zu lange belichtet zu haben. Eine zu lange chemische Wirkung auf die empfindlichen Silbersalze hebt nämlich, wie wir bald sehen werden, die erhaltene Lichtwirkung wieder auf.

### 3. THEORIE DER PHOTOGRAPHISCHEN PROZESSE.

Der Satz des Philosophen Bacon von Verulam: »Wirklich wissen heisst durch Ursachen wissen«, hat sich wol in keiner Frage mehr bewahrheitet, als bei der Beurtheilung des »Wie« und »Warum« der meisten photographischen Erscheinungen. Seit die wichtige Erfindung als Frucht des Nachdenkens und der Untersuchung, unterstützt durch ein Werk des Zufalles, der Menschheit in den Schoss gefallen war und immer mehr und mehr ihrer Vollendung entgegeneilte, bemühten sich eifrige Forscher die Ursachen jener wunderbaren Resultate zu ergründen. Die Hebung der Schwierigkeit, den zufälligen Erscheinungen mit mathematischer Schärfe eine physikalische oder chemische Begründung zu geben, ist bis jetzt noch nicht gelungen, und mag dies wol vorzüglich in unserer im Allgemeinen noch sehr hypothesenreichen und mangelhaften Kenntniss von der Natur des Lichtes überhaupt seinen Grund haben.

Andererseits dürfte gerade die Photographie dazu berufen sein als ein Theil der Naturforschung, wo die Gebiete der Physik, Chemie und Optik sich so nahe berühren, noch wichtige Aufschlüsse über das eigentliche Wesen des Lichtes zu geben.

Ziemlich klar in Ursache und Wirkung scheint die direkte Einwirkung des Lichts auf reines Chlorsilber ($Ag\,Cl$) zu sein, welches vorher mit einer organischen Substanz in Contakt gebracht wurde. Die Schwärzung des Chlorsilberpapiers, welches den genannten Stoff im feinstvertheilten Zustande nebst einer geringen Beimischung von salpetersaurem Silberoxyd ($AgO\,NO_5$) enthält, ist viel intensiver als die Dunkelung des reinen Chlorsilbers ohne Beimischung organischer Substanz. Organische Substanzen z. B. Papierfasern, unterstützen die Entchlorung und Desoxydirung der Silbersalze; es entsteht nach Einwirkung des Lichtes sowol metallisches Silber, als auch ein hellviolettes Subchlorid, indem das Chlorsilber freies Chlor abgiebt, und Chlorür bildet. Die Beimischung des Silbernitrates dagegen hat das Material zu liefern, welches den hauptsächlich sichtbaren Theil des Bildes darstellt und bleibend in demselben enthalten ist, während das Chlorsilber nur die Empfindlichkeit erhöhen soll.

Fällen wir reines Chlorsilber aus einer Lösung und setzen dasselbe dem Sonnenlichte aus, so werden wir nach einiger Zeit dasselbe in eine violettfarbige niederere Chlorverbindung des Silbers verwandelt sehen, während das Wasser das frei gewordene Chlor enthalten wird — oder indem das frei werdende Chlor sich mit einem Aequivalente Wasserstoff ($H$) des Wassers ($H_2O$) zu Chlorwasserstoff ($HCl$), und der frei werdende Sauerstoff ($O$) sich mit dem Silber verbindet. — Setzt man aber diesem Gemische etwas salpetersaures Silberoxyd ($AgO\,NO_5$) zu, so wird sich das freie Chlor mit diesem verbinden, wieder Chlorsilber bilden, welches sich seinerseits wieder zersetzt und die Intensität der Schwärzung vermehrt. Fügen wir ein Minimum organischer Substanz, z. B. Eiweisslösung hinzu, so wird die Schwärzung noch mehr zunehmen und es werden sich kleine kohlschwarze Niederschläge metallischen Silbers abscheiden.

Wenden wir das Gesagte auf die photographische Papierbildgebung an, so wird Chlorsilber allein, ohne Silbernitrat, nur ein sehr schwaches Bild geben. Dadurch jedoch, dass das unter dem Kopir-Rahmen infolge der Lichteinwirkung frei gewordene Chlor sich immer wieder mit dem Silber des salpetersauren Silberoxydes zu verbinden Gelegenheit hat, entsteht immer neues Chlorsilber, das wieder und wieder reduzirt wird und durch die Addition von schwarzem ausgeschiedenen metallischen Silber allmählich die gewünschte Kraft dem Bilde verleiht. Es beruht demnach der positive photographische Prozess auf einfach verständlichen chemischen Vorgängen.

Anders verhält es sich mit dem Negativ-Prozesse in der Camera obscura. Wir haben gesehen, dass durch Einwirkung des Lichtes auf

verschiedene Stoffe, sowol chemische als physikalische Wirkungen erzielt werden. Unsere Netzhaut wird von den zitternden Lichtwellen in Schwingungen versetzt, und diese werden durch Vermittelung des Sehnerven unserem Gehirne, dem Sitze der Empfindungen, zugeführt, welche physikalische Bewegung wir »Sehen« nennen; ebenso »sieht« die präparirte Jodsilberplatte. Die beim Abnehmen des Objektivdeckels der Camera plötzlich auf die empfindliche Platte gelangenden Lichtwellen erschüttern die Moleküle (kleinsten Theilchen), dieselben gerathen in Schwingungen und lagern sich je nach dem Grade der Einwirkung der eingedrungenen Lichtwellen in neuer bestimmter Reihenfolge; diese erste Einwirkung auf das zu schaffende Bild ist demnach eine mechanische. Wird nun die belichtete Platte aus der Kassette genommen, so ist das Bild unsichtbar; erst durch das Aufgiessen einer Reduktionsflüssigkeit, z. B. von Eisenvitriollösung, werden aus der auf der Platte noch befindlichen Lösung von salpetersaurem Silberoxyd Theile metallischen Silbers ausgeschieden, welche die Eigenschaft haben, sich nur auf den von den Lichtwellen getroffenen Theilen der Platte festzulagern und zwar je in dem Grade von Dichtigkeit, in welchem die einzelnen Theile der Platte von einer stärker oder schwächer wirkenden Lichtwelle getroffen worden sind. Untersucht man ein derartig gewonnenes photographisches Glasbild unter dem Mikroskope, so wird man in der That finden, dass die Licht- und Schattenstellen auf einer engeren oder weiteren Anordnung der Silbermoleküle beruhen. Aus vorstehender Illustration ist dieses Verhältniss leicht ersichtlich. Fig. 68 ist nach einer mittels des Mikroskopes direkt nach einem kleinen Originalnegative

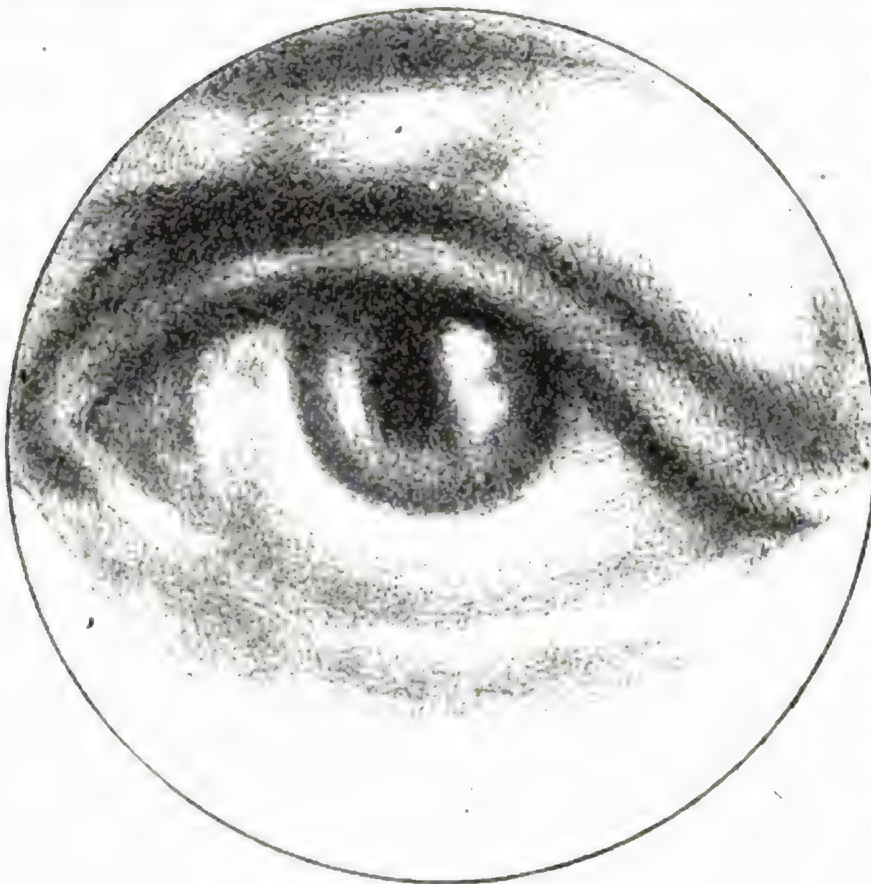


Fig. 68. Photographische Silbermoleküle.

vergrössert aufgenommenen Silberphotographie in eine Zinkplatte geätzt worden. Wir sehen hier an der Stelle der Schatten, die Silbermoleküle selbst in dichterer, an den Lichtstellen dieselben in dünngesäeter Anordnung. Die Eisenvitriollösung hat dieses feinvertheilte schwarze Silberpulver in der hier sichtbaren Schichtung niedergeschlagen.

Wir wissen, dass schwefelsaures Eisenoxydul sehr grosse chemische Verwandtschaft zum Sauerstoffe hat und bei Gegenwart dieses Elementes leicht in schwefelsaures Eisenoxyd übergeht. Bei der auf der Platte stattfindenden Mischung von salpetersaurem Silberoxyde mit schwefelsaurem Eisenoxydule entzieht das Eisenoxydul dem Silberoxyde Sauerstoff, und Silber schlägt sich, wie wir oben gesehen haben, nieder. Würde man vor Aufgiessen der entwickelnden Flüssigkeit die Platte abwaschen, so entstünde kein Bild, indem dem Eisenoxydul die Gelegenheit, Sauerstoff zu absorbiren, mangelte und das in der Platte enthaltene Jodsilber allein zur Bildgebung nicht hinreicht.

Die physikalische Theorie des photographischen Negativprozesses beruht auf jener von Moser im Jahre 1842 beschriebenen Thatsache, dass beim Anhauchen einer polirten Metall- oder Glasplatte, auf welcher ein gereinigter polirter Gegenstand eine Zeit lang gelegen hatte, ein Bild dieses Gegenstandes entsteht. Auch durch Behandlung mit Quecksilberdämpfen konnte das Bild sichtbar gemacht werden. Moser nannte diese durch Behauchen hervorgerufenen Bilder: »Thaubilder« und schrieb ihre Entstehung der Wirkung einer allen Körpern innewohnenden unsichtbaren Lichtkraft zu. Weitere Versuche ergaben nämlich das merkwürdige Resultat, dass zwei Körper, wenn sie hinreichend genähert werden, sich auf einander abbilden, selbst wenn die Versuche bei Nacht mit Ausschluss alles fremden Lichtes angestellt wurden. Auch diese Bilder konnten durch Quecksilberdämpfe oder Anhauchen hervorgerufen werden. In neuerer Zeit haben Niepce de St. Victor und Becquerel noch merkwürdigere Versuche über eigenthümliche Lichtwirkungen und Aufspeicherungen des Lichtes veröffentlicht. Lässt man nämlich Sonnenlicht in eine Blechbüchse eindringen und schliesst man dieselbe hermetisch, so kann noch nach langer Zeit eine chemische Lichtwirkung im Dunkeln, nach Oeffnung der Büchse erzielt werden.

Nach Professor H. W. Vogel's, Carey Lea's und Dr. Schultz-Sellak's Arbeiten findet durch Belichten neben der chemischen Veränderung eine mechanische Differenzirung der Silberhaloidsalze im photographisch empfindlichen Zustande statt und ist der photographische Entwickelungsprozess wesentlich mit der chemischen Zersetzung verknüpft, indem eine äusserst dünne, vom Lichte getroffene Oberflächenschicht von Silber-

Sub-Jodür, -Bromür oder -Chlorür die eigenthümliche Anziehung auf die Silber- und Quecksilbertheilchen ausübe.

Ausser den Silberverbindungen sind noch Eisensalze, das Kupferchlorid, Verbindungen des Urans, manche Quecksilberverbindungen, die Bleioxyde, Gold- und Platinaverbindungen und ganz besonders die Chromsalze unter gewissen Verhältnissen lichtempfindlich.

Die Lichtempfindlichkeit der Eisensalze beruht auf der Entdeckung John Herschel's, dass Eisenoxyde oder -Chloride, wenn sie, in Kontakt mit organischen Substanzen, z. B. der Papierfaser, dem Sonnenlicht ausgesetzt werden, zum Theil in Eisenoxydule oder Chlorüre verwandelt werden. Burnett und Wothly fanden dieselben Eigenschaften bei den Uransalzen. Die lichtempfindlichen Eigenschaften des Quecksilberchlorides beruhen auf dem Zerfallen dieses Salzes im Lichte in Quecksilberchlorür und Chlor, ebenso werden gelbes Jodblei unter Jodausscheidung, Chlorgold in wässeriger Lösung, und Platinchlorid unter Ausscheidung von Chlor, im Lichte zersetzt und in Chlorüre verwandelt. Eine weitgehendere Anwendung haben in neuerer Zeit die chromsauren Salze in der Photographie erlangt. Bei Gegenwart organischer Stoffe wird die Chromsäure zu einem niedrigeren Chromoxyd im Lichte reduzirt und der frei gewordene Sauerstoff verbindet sich mit dem organischen Körper zu einer festen unlöslichen Masse. Werden dem organischen Körper — am geeignetsten ist hier die Gelatine — Farbstoffe beigemengt, so werden diese auf mechanischem Wege mit in die sich bildende fast unlösliche Masse genau in einem der Lichtwirkung analogen Verhältnisse eingebettet und entstehen auf diese Weise die sogenannten Kohlebilder oder Pigmentphotographieen.

Wir haben demnach auch hier, wie bei fast allen photographischen Prozeduren, ein Zusammengehen von physikalischen und chemischen Wirkungen vor uns. Die rasch fortschreitenden Forschungen auf allen Gebieten der Naturwissenschaften berechtigen uns zu der Hoffnung, dass noch manches Dunkel in der Theorie obiger Prozesse in Bälde wird gelichtet werden.

### 4. Künstliche Lichtquellen.

Soll die Anwendung der Photographie auf die wissenschaftliche Forschung eine allgemeine Berücksichtigung der Fachgenossen finden, so ist vor Allem die störende Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen zu beseitigen. Wenn auch das direkte Sonnenlicht immerhin sehr schwer zu ersetzen sein wird, so stehen uns doch mannichfache künstliche Lichtquellen mit genügender photogenischer Kraft zu wissenschaftlichen Arbeiten zur Verfügung.

a. DAS LAMPEN- UND GASLICHT.

Die einfachste chemische Lichtquelle ist eine gute Kamphin-, Petroleum- oder Photogenlampe, wie ich solche schon im Jahre 1865 zu photographischen Zwecken beschrieben und empfohlen habe. Eine grosse Menge photogenischer Strahlen, welche in den Grenzen des sichtbaren Spektrums liegen, treten hier in Wirksamkeit. Die Lampe Fig. 69 ist von einer schwarzwandigen Hülse *H* umgeben, welche an ihrer hinteren Fläche einen Hohlspiegel *S*, an ihrer gegenüberliegenden vorderen Fläche eine Linsenkombination *L* trägt; das Licht befindet sich im Fokus des Hohlspiegels bei *H*. Die Linsen sind in einer Hülse verschiebbar.

Fig. 69. Kamphinlampe zum Photographiren.

Fig. 70. Argand's Gasbrenner.

Der Cylinder der Lampe ist von einem geschwärzten Rohre *R* umgeben, um alles Nebenlicht abzuhalten. Die von dem Hohlspiegel reflektirten Strahlen werden parallel auf die Linse geworfen und hier im Vereine mit den direkt von der Lichtquelle kommenden Strahlen auf den zu photographirenden Gegenstand konzentrirt. Steht die Lichtquelle durch das entsprechende Herausschieben der Linse im Brennpunkte der letzteren, so wird auch ein Theil der Strahlen parallel nach aussen geleitet werden. In gleicher Weise ist das aus den Gasfabriken in Röhren zugeleitete Kohlenwasserstoffgas bei Benutzung eines geeigneten Brenners, welcher in den Fokus des soeben geschilderten optischen Apparates zu

bringen ist, verwendbar. Eine Argandische Beleuchtungseinrichtung mit doppeltem Luftzuge (Fig. 70) giebt die aktinisch wirksamste bezügliche Lichtquelle. Die Anwendung dieser Lampen eignet sich bei 2 bis 5 Minuten Expositionszeit vorzüglich für schwache Vergrösserungen, bis zur 50fach linearen, sowie zur Anfertigung positiver Glasbilder. In letzterem Falle hat man das mit der empfindlichen Platte vereinigte Negativ nur direkt vor die Lampe zu bringen; in wenigen Sekunden ist die Wirkung vollendet.

### b. DER ASTRALGASAPPARAT.

Die ausserordentliche Flüchtigkeit der Destillationsprodukte des Petroleums und die Leichtigkeit, solche in Gas-Form zu verwandeln, gab Veranlassung zur Konstruktion verschiedener Gaserzeugungsmaschinen. Im Folgenden geben wir die Beschreibung eines Apparates, welcher das betreffende Gas ohne Feuerung aus den Destillaten des Petroleums selbst erzeugt, und dürfte derselbe, ohne irgend welche gefahrvolle Eigenschaften zu besitzen, besonders solchen Experimentatoren, denen eine Röhren-Gaseinrichtung mangelt, zu empfehlen sein. — Der Apparat

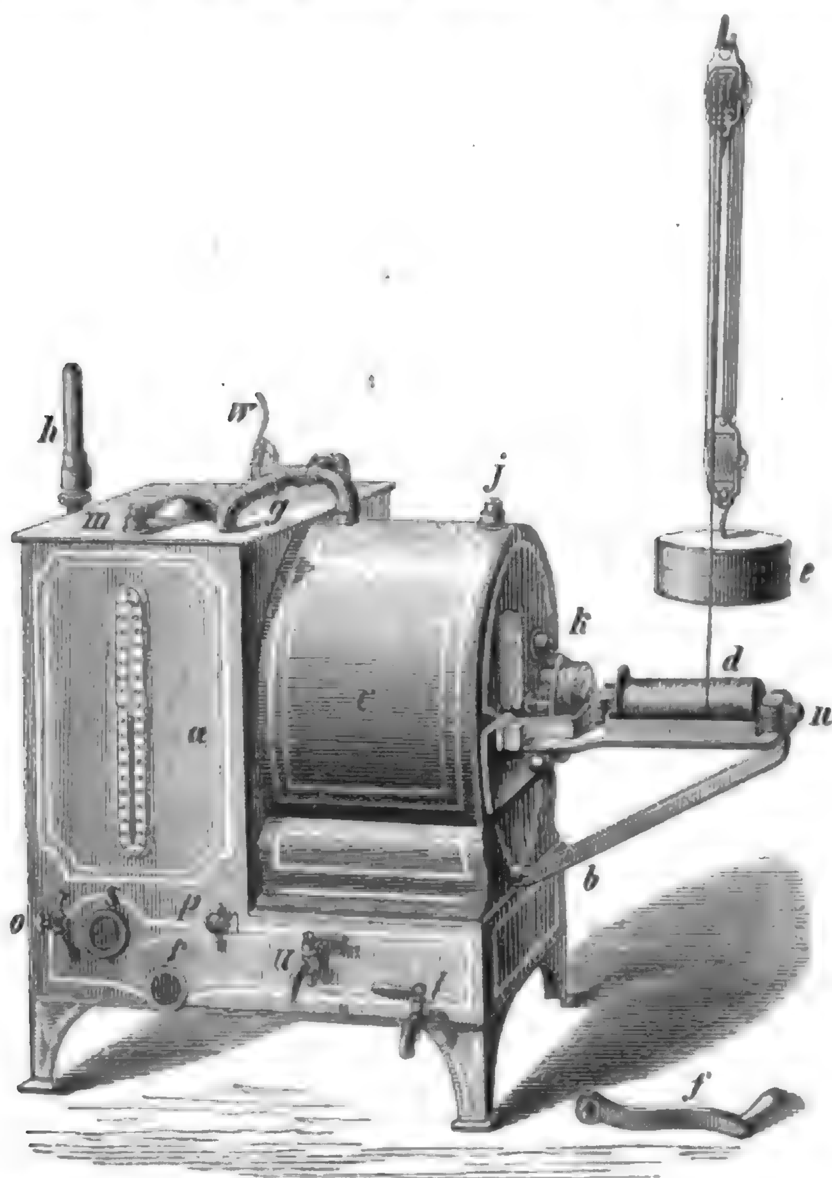



Fig. 71. Astralgasapparat.

(Fig. 71) besteht aus drei Theilen, dem Reservoir *a*, dem sogenannten Carburator *b*, und aus dem Ventilator *c*. Die drei genannten Haupttheile

des Apparates stehen in unmittelbarer Verbindung mit einander und zwar so, dass *a* und *c*, Reservoir und Ventilator, über dem niedrigeren viereckigen, den Carburator *b* enthaltenden, Kasten angebracht sind. Der Ventilator steht mit einer Rolle *d* und diese mittels einer starken Schnur mit einem Gewichte *e* in Verbindung. Durch Aufziehen des Gewichtes bei *n*, mittels des Kurbelschlüssels *f*, gelangt der Ventilator in Bewegung und treibt beständig einen atmosphärischen Luftzug in den Carburator *b*. Der Carburator selbst besteht aus zwei übereinander liegenden und durch eine Röhre mit einander in Verbindung stehenden viereckigen flachen Gefässen, in deren Innerem sich schneckenartig gewundene, zum grössten Theil mit gewöhnlichen Badeschwämmen gefüllte Gänge befinden, welche von dem eingegossenen Leuchtstoffe vollgesogen sind. Der eintretende Luftstrom ist genöthigt, sich durch die schneckenartigen Gänge des Carburators hindurch zu drängen, auf welchem Wege er mit dem Gasdunste des Leuchtstoffes sich zu sättigen vermag. Der auf solche Weise mit Gasdünsten geschwängerte Luftstrom steigt nun in einer mitten durch den Leuchtstoffbehälter sich ziehenden Röhre nach dem Hauptleitungs-Rohr *h*, von wo aus derselbe bis in die Brenner getrieben wird. —

Bei *j* wird der Ventilator mit Wasser bis zur Höhe von *k* gefüllt; von vier zu vier Wochen ist das verdunstete Wasser nachzufüllen; bei *l* kann das Wasser nach Oeffnung der Schraube *j* entleert werden. Bei *m* wird der Behälter *a* mit flüssigem Leuchtstoff gefüllt. Der Hochstand des Leuchtstoffes ist an einer kommunizirenden Röhre bei *a* ersichtlich. Bei *o* und *p* befinden sich die durch Hähne verschliessbaren Verbindungsröhren zwischen Leuchtstoffbehälter und Carburator. Bei *r* und *s* sind durchsichtige Glimmerscheiben zur Kontrole des Flüssigkeitshochstandes in den beiden Abtheilungen des Carburators angebracht. Bei *u* kann der Carburator selbst entleert werden; bei *w* ist ein Regulirungskranen angebracht. Als benutzbare Leuchtstoffe eignen sich alle leichtflüchtigen Destillate des Petroleums (Gasolin, Ligroin, Naphta, Astral-Gas u. s. w.) Den Astralgasapparaten ähnliche, sehr vereinfachte Gasapparate werden in compendiöser Form von der *deutschen Wasserwerksgesellschaft* zu Höchst am Main in neuerer Zeit angefertigt. Eigenthümer der betreffenden Erfindungspatente für das In- und Ausland sind die Herren Oppenheim & Weill in Frankfurt a/M.

### c. DAS MAGNESIUMLICHT.

Für stärkere Vergrösserungen, sowie für die Photographie undurchsichtiger, durch Reflexe von oben zu beleuchtender Körper sind wir genöthigt, uns kräftigerer Lichtquellen zu bedienen; in erster Linie steht

hier das Licht des brennenden Magnesiummetalles. — Ein brennender Magnesiumfaden von $^1/_2$ Millimeter Dicke entspricht der Leuchtkraft von 74 Stearinkerzen. Das Spektrum dieser Lichtquelle ist ungemein reich an violetten und übervioletten Strahlen. Die chemische Wirksamkeit des Magnesiumlichtes wurde 1859 von Bunsen und Roscoe gemessen (siehe Seite 53) und mit der des Sonnenlichtes verglichen (Poggendorf's Annalen CVIII. 261). Roscoe sagt: »Dieser Vergleich ergab, dass bei einer Zenithdistanz von 67° 22, der durch das Auge wahrnehmbare Glanz der Sonnenscheibe 524,7 mal so gross ist, als der des brennenden Magnesiumdrahtes, während bei derselben Zenithdistanz der chemische Effekt der Sonnenscheibe nur 36,6 mal so gross ist, als der des Drahtes.« Hieraus geht deutlich hervor, welchen hohen Werth dieses Licht als eine Quelle chemisch wirksamer Strahlen für photographische Zwecke haben muss. Um dasselbe eine Minute lang zu unterhalten, wird ein Drahtgewicht von circa einem Decigramm verbraucht. Magnesiumdraht ist jetzt im Handel für den ziemlich billigen Preis von circa 50 Pfennigen pro Gramm zu haben, während das Loth (15 Gramm) vor mehreren Jahren noch 8 Thaler kostete; 15 Centimeter ($^1/_{10}$ Gramm) des Drahtes geben beim Verbrennen hinreichendes Licht zu einer mikrophotographischen Aufnahme. Für die praktische Benutzung des Magnesiumlichtes dienen regulirende Lampen mit Hohlspiegel. Sie bestehen aus einem in einer Blechkapsel *D* (Fig. 72) befindlichen Uhrwerke, welches bei *G* aufgezogen wird und zwei kleine mit Gummi überzogene Walzen aneinander vorbeidreht. Der zu verbrennende in *A* vorräthig aufgerollte Magnesiumdraht ist bei *B* in das Uhrwerk eingefügt, und schiebt sich mittels der Walzen durch das Messingröhrchen *DC* vor, um bei *C* angezündet werden zu können. Der Lichtpunkt befindet sich im Fokus des Hohlspiegels.

Fig. 72. Magnesiumlampe mit Hohlspiegel.

Durch einen in dem oberen Theil der Kapsel *B* befindlichen Windfang kann die Raschheit der Drahtbewegung regulirt werden; der kleine Hebel bei *F* dient zur Hemmung des Uhrwerkes, um ein sofortiges

Fig. 74. Magnesiumlampe mit Rauchfang.

Erlöschen des Lichtes zu bewirken. Die Dämpfe des verbrannten Metalles werden durch einen über dem Hohlspiegel angebrachten Rauchfang abgeleitet, wie wir solchen an der etwas komplizirteren Lampe in Fig. 73 dargestellt haben. Um einen stärkeren Lichtpunkt zu erhalten, kann man einige Magnesiumfäden zusammenwinden, oder das Metall in Bandform verbrennen; auch ein miteingedrehter Zinkfaden, welcher durch die Hitze des brennenden Magnesiums in weissem Lichte erglüht und verbrennt, erhöht die Leuchtkraft.

Fig. 75. Magnesiumlampe für Leuchtgasbau.

In neuerer Zeit verbrennt man das Magnesium auch in Form von Metallpulver. Die entsprechende Lampe ist ohne Uhrwerk nach dem Prinzip der Sanduhren konstruirt. Das Metallpulver befindet sich in einem Gefässe *A* (Fig. 74), welches nach unten zugespitzt ist, und in eine kleine Oeffnung *B* mündet, durch die das mit feinem Sand gemischte Metallpulver auf eine kleine Gasflamme herunter fällt. Das Pulver verbrennt mit einem höchst intensiven Lichte, während die Magnesiumdämpfe durch den Rauchfang *C* entweichen. Durch einen kleinen Schieber an dem sanduhrförmigen Gefässe kann das grelle Licht unterbrochen werden, während die kleine Gasflamme als einfache Leuchtquelle weiter zu brennen vermag.

Für alle Fälle ist die Magnesiumlampe bei der grossen photochemischen Wirksamkeit des brennenden Magnesiumdrahtes und seiner einfachen Anwendung der wichtigste und bequemste Beleuchtungsapparat zu photographischen Aufnahmen wissenschaftlicher Objekte.

### d. DAS ELEKTRISCHE LICHT.

Das elektrische Licht wäre für alle Fälle künstlicher Beleuchtung sowol zu allgemeinen technischen, wie photographischen Zwecken das geeignetste, wenn nicht die Umständlichkeit und Kostspieligkeit seiner Darstellung eine allgemeinere Anwendung verbieten würde. Jeder Forscher aber, dem Mittel und Räumlichkeiten zur Anschaffung der betreffenden Apparate zu Gebote stehen, wird dieses vorzügliche Licht allen anderen künstlichen Lichtquellen vorziehen.

Das elektrische Licht, welches, einer Bunsen'schen Batterie von 50 mittelgrossen Elementen entstammend, zwischen zwei Kohlenspitzen hervorgerufen wird, entspricht einer Lichtfülle von 720 brennenden Stearinkerzen, wovon fünf ein Pfund wiegen. Mit dem Sonnenlichte verglichen, verhält sich das elektrische Licht wie 1 : 5, bei räumlich gleich grosser Annahme der Lichtquelle. Das elektrische Licht ist keine Verbrennungserscheinung, da es im luftleeren Raume sowol, als auch unter Wasser, ohne Zutritt von Sauerstoff hervorgerufen werden kann. Nichtsdestoweniger ist nachgewiesen, dass dem elektrischen Funken zum Glühen erhitzte Theilchen der Pole, durch welche er geht, beigemengt sind, die seine Leuchtkraft bedeutend erhöhen und seine Intensität bedingen. Zu Beleuchtungszwecken ist die Bunsen'sche Batterie die geeignetste. Ein Bunsen'sches Element hat zu bestehen: aus einem Glasgefässe (Fig. 75 *A*), welches mit verdünnter Schwefelsäure versetztes Wasser enthält (1 : 20); einem hohlen Zinkcylinder *B*, der in das erwähnte gesäuerte Wasser gesetzt wird, einer Thonzelle *C*, welche konzentrirte Salpetersäure enthält, und einem festen

Kohlenstücke $B$, welches in der mit Salpetersäure gefüllten Thonzelle seinen Platz findet.

Die auf diese Weise zusammengesetzten Elemente sind mit einander in der Weise verbunden (Fig. 76), dass ein metallisches Verbindungsstäbchen stets ein Kohlenstück mit dem folgenden Zinkcylinder vereinigt. Das letzte Kohlenstück sowie der letzte Zinkcylinder sind durch zwei leitende Kupferdrähte zur Erzeugung des Lichtes mit zwei Kohlenstückchen in Verbindung gesetzt; dem positiven Pol entspricht der von der Kohle, dem negativen der vom Zink hergeleitete Draht (Fig. 77).

Fig. 75. Theile des Bunsen'schen Elementes.

Um die stete Erneuerung der Säuren und die sich entwickelnden unangenehmen Dämpfe zu vermeiden, wurde zu Paris eine magnetelektrische Maschine von 24 bis 40 Hufeisenmagneten, deren jeder ein Gewicht von 70

Fig. 76. Die Bunsen'sche Batterie.

Fig. 77. Zusammengefügte Elemente.

Kilogramm zu tragen im Stande ist, konstruirt. Dieser Apparat erzeugt ein sehr energisches photogenisches Licht, wenn er durch eine

Dampfmaschine von 2 bis 3 Pferdekräften in Rotation versetzt wird (Fig. 78). Auf einem gusseisernen Unterbau sind acht Serien von je drei (oder fünf) aus mehreren Lamellen bestehenden Magneten (*A*, *B*, *C*, *D*, *E*) auf Leisten in der Weise befestigt, dass die entgegengesetzten Pole *N*, *S*, sich gegenüberstehen. Eine Querachse trägt vier runde Metallscheiben, deren jede mit 16 Drahtspiralen (Fig. 79) von je 12facher Wickelung zu 10 Metern besetzt ist. Jede Spirale enthält demnach 120 Meter Kupferdraht, sodass die Gesammtlänge aller Windungen der 64

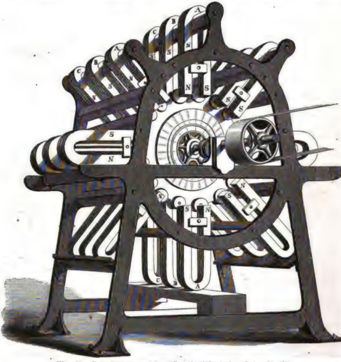


Fig. 78. Rotationsapparat zum Zweck elektrischer Beleuchtung.

Spiralen über acht Kilometer beträgt. Die Spiralen (*A*, *B*, *C*, *D* Fig. 80) kommuniziren durch Kupferdrähte, welche auf einer isolirten Metallscheibe befestigt sind. Die Spirale *B*, als erste gezählt, ist durch einen Kupferdraht *HM* mit der Rotationsachse verbunden; die letzte Spirale *A* kommunizirt durch den Draht *G*, welcher die Scheibe durchsetzt, mit der ersten Spirale der zweiten Scheibe, und so fort. Die letzte Spirale der vierten Scheibe giebt ihren Leitungsdraht durch das andere Ende

Digitized by Google

des Querbalkens ab, welcher durch einen Riemen ohne Ende mit obenerwähnter Dampfmaschine in Verbindung gebracht ist. Das Maximum des elektrischen Lichtes wird durch eine 370malige Umdrehung der Achse in der Minute, hervorgerufen.

In jeder Spirale laufen bei jeder Umdrehung über 10,000 elektrische Ströme, welche in dem Momente hervorgerufen werden, wenn die Spiralen zwischen den Polen der Magnete vorbeigeführt werden. Diese Strömungen geben zwischen zwei Kohlenspitzen einen Lichtbogen, dessen Intensität 1440 Stearinkerzen entspricht; die Herstellungskosten sind für die einzelne Beleuchtung viel geringer, als Oel- oder Gasbenutzung; die Preise der Maschinen dagegen sind sehr hoch und richten sich nach der Grösse der Magnete und der Anzahl der Scheiben. Ein französischer Apparat mit 4 Scheiben und 64 Spiralen kostet ca. 8000 Franken, während der Preis einer anderen sehr kompendiösen, aber sehr vortrefflichen und kräftigen Einrichtung von Holmes in England für einen Apparat von 48 Magneten und 160 Spiralen 800 Pfund Sterling beträgt.

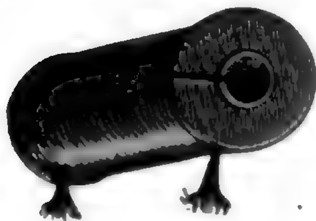


Fig. 79. Spirale.

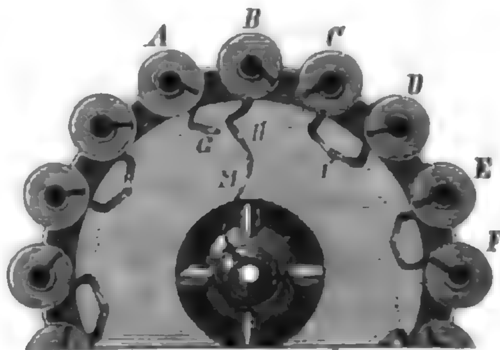



Fig. 80. Drehscheibe mit 16 Spiralen.

Um das elektrische Licht zwischen zwei Kohlenspitzen zu erzeugen, muss man die Endpunkte derselben mit einander in Berührung bringen, sie dann wieder auf eine sehr kleine Strecke von einander entfernen, damit der Lichtbogen sich entwickele, nachdem man die von der Batterie oder dem Rotationsapparate kommenden beiden Kupferdrähte mit den Metallstäbchen (*A*, *B* Fig. 81), welche mit den Kohlenspitzen in Verbindung stehen, zusammengeschraubt hat. Das Licht entsteht vorzüglich an dem negativen (Zink-) Pole, während der galvanische Strom vom positiven zum negativen Pole wandert; er reisst kleine Kohlenpartikelchen mit sich fort, um solche zum negativen Pole hinüber zu tragen, wodurch diese Kohlenspitze keiner so raschen Abnutzung ausgesetzt ist. Das intensivste Licht geht von den weissglühenden Kohlenspitzen aus, während der elektrische Flammenbogen selbst an Leuchtkraft zurücksteht.

Durch diese allmähliche Veränderung der Kohlenspitzen ist es entweder geboten, mit der Hand von Zeit zu Zeit das Stäbchen *a* Fig. 81

dem Stäbchen *b* zu nähern, oder einen Regulator des elektrischen Lichtes anzubringen, wie ein solcher zuerst von LÉON FOUCAULT angegeben, später von SERRIN verbessert worden ist. HUMPHRY DAVY, der geniale englische Forscher, hatte schon viele Jahre vorher den Misstand der Abnutzung der Kohlenspitzen durch einen Apparat zu bekämpfen gesucht, in welchem das elektrische Licht zwischen den Kohlenenden in einem luftleeren Raume zur Erscheinung gebracht wurde. Um diesen Zweck zu erreichen, schloss DAVY die beiden Endpole einer Volta'schen Säule in eine ovale Glasphiole ein, aus welcher die Luft ausgepumpt werden konnte. Die Kohlenstücke wurden an den Polenden (Fig. 82 *PP*) befestigt; die Abhaltung der atmosphärischen Luft verhinderte einen Verbrennungsprozess der Kohlenspitzen.

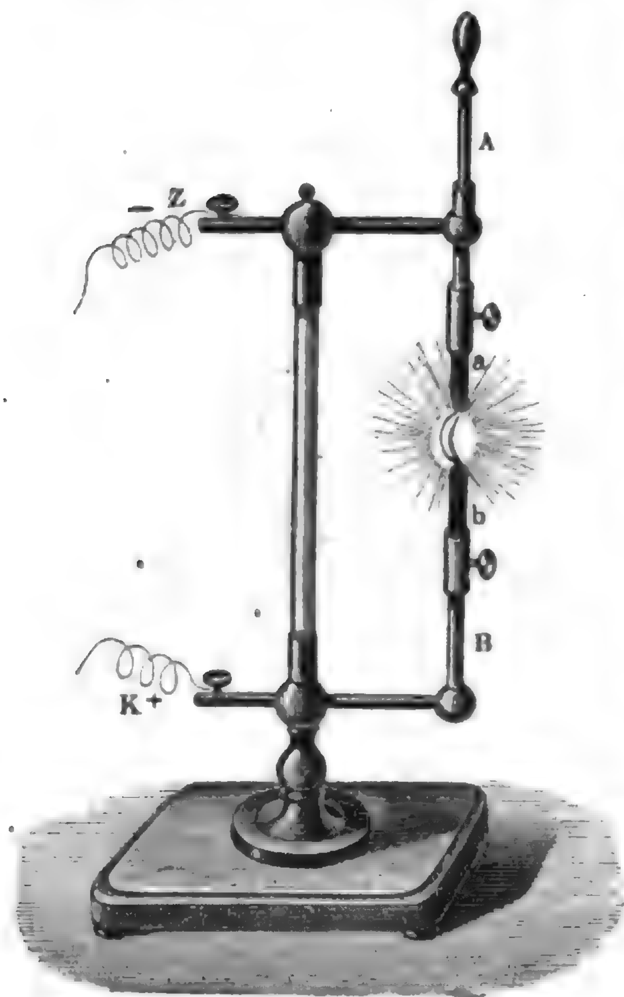



Fig. 81. Die Kohlenspitzen zum elektrischen Licht.

Die elektrischen Lampen von SERRIN und FOUCAULT leisten in Bezug auf Regulirung des elektrischen Lichtes alles Wünschenswerthe. Es ist der galvanische Strom selbst, welcher durch das Bewirken magnetischer Anziehung ein Getriebe von Rädern in Bewegung setzt.

Der Regulator (Fig. 83 S. 72) umfasst zwei mit den Kohlenspitzen direkt zusammenhängende Mechanismen: der eine wird durch ein bewegliches Parallelogramm mit artikulirenden Ecken, der zweite durch eine Schiebevorrichtung bedingt.

An das Parallelogramm ist ein Anker von weichem Eisen befestigt, welcher von den Polen eines Elektromagneten angezogen und abgestossen wird. Wenn sich die beiden Kohlenspitzen berühren und die elektrische Stromkette geschlossen ist, geht der Strom nicht durch den Elektromagneten; indessen senkt sich das Parallelogramm, öffnet dadurch die Kette und setzt den Mechanismus in Bewegung; der thätig gewordene Elektromagnet zieht den Anker an und mit ihm das Parallelogramm, wodurch die Kohlenspitzen um ein Weniges von einander entfernt werden und der

Flammenbogen sofort wieder erscheint. In dem Masse, wie der Lichtbogen durch die Abnutzung der Kohlenspitzen abnimmt, wirkt der Elektromagnet weniger kräftig, der Anker entfernt sich, das Parallelogramm steigt und die Kohlenspitzen nähern sich. Durch dieses stete Entfernen und Nähern des Parallelogramms wird das Räderwerk des Mechanismus zur Ruhe gebracht und wieder in Thätigkeit versetzt, so dass die Kohlenspitzen sich beständig in der nöthigen Entfernung von einander befinden müssen und das Licht stets dieselbe Intensität behält.

In Fig. 83 ist *B* der Stab, welcher die positive Kohlenspitze trägt und durch das hohle Stangenwerk *C* in eine Triebstange *A* sich fortsetzt; letztere gleitet in einem Rohre auf und nieder und treibt ein Rad, auf dessen Axe eine von rechts nach links sich drehende Rolle aufgenietet ist. Ueber diese Rolle läuft eine Kette, welche eine zweite Rolle bewegt und an eine rechtwinkelig gebogene Stange bei *F* befestigt ist; während diese Stange steigt, hebt sich die Röhre *E*, welche die Kohle des Negativpoles *D* emporschiebt, in dem Grade, als der positive Pol herabsteigt. Sobald sich die beiden Kohlenspitzen berühren, ist die Kette geschlossen und der Strom geht

Fig. 82. Davy's elektrische Lampe.

durch den Kupferdraht *I* durch *CAB* bis zum positiven Kohlenende, von da zum Negativpol, von da nach der Röhre *E*, dann in der Richtung der Stange *K*, von wo er durch die Stange *H* nach dem Elektromagneten

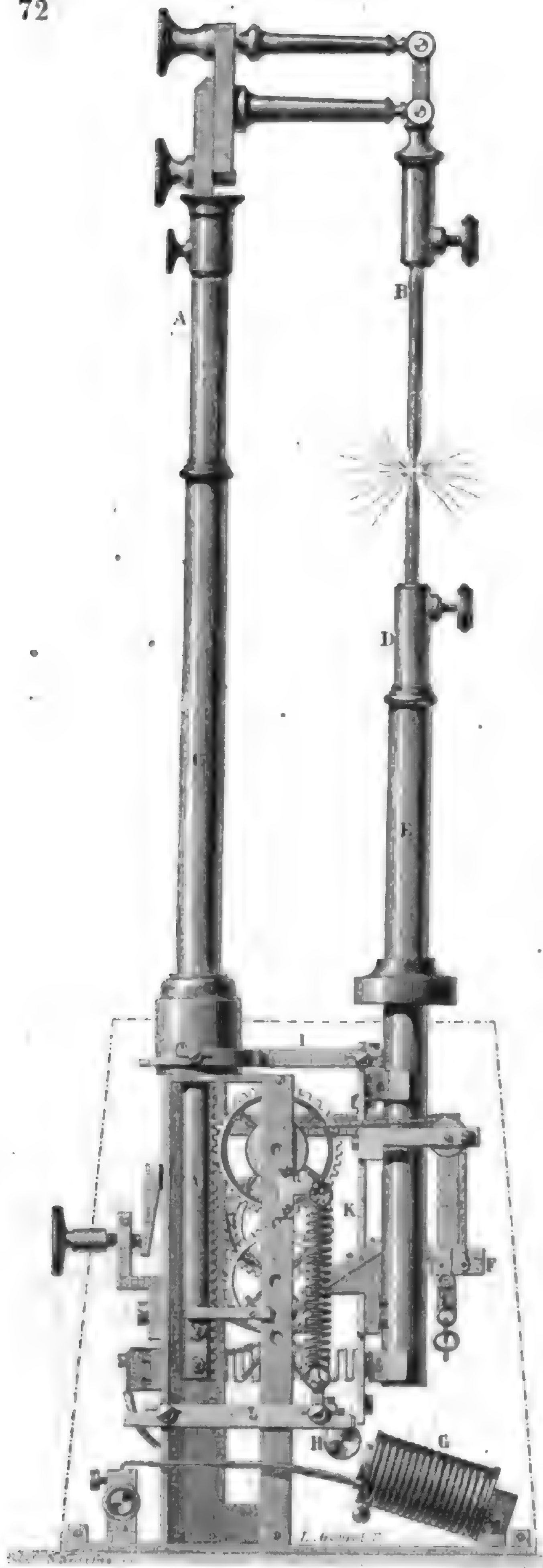


Fig. 83. Serrin-Foucault'sche elektrische Lampe.

G gelangt; hier versetzt er den letzteren in Thätigkeit, der Anker bei H wird angezogen und der Strom geht von da durch den hier eingeschraubten gewundenen Kupferdraht zu dem Zinkende der Batterie zurück. So oft der Strom den Elektromagneten passirt, senkt sich der Anker H, bringt den Hebel J in eine schaukelnde Bewegung, die Stange K senkt sich und bestimmt die Verschiebung der beiden Kohlenstücke. Zu gleicher Zeit hat die Stange K ein Stück bei F, welches in ein horizontales Stäbchen übergeht, gesenkt. Dieses Stäbchen greift in eines der Zahnräder ein und hält es an, wodurch das ganze Uhrwerk in Stillstand geräth. Dadurch sind die beiden Kohlenstücke fixirt und bleiben in dieser Lage, so lange der elektrische Strom stark genug ist, um den Anker H im Gleichgewicht zu halten. Wenn sich aber die Kohlenspitzen abnutzen, ihre gegenseitige Entfernung sich vergrössert und der Strom dadurch sich abschwächt, so fällt der Anker zurück, das Zahnrad wird ausgelöst, die Kohlenspitzen nähern sich

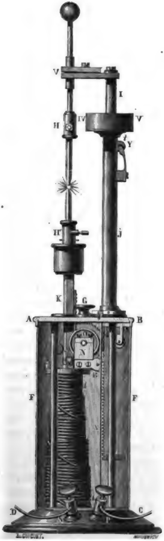



Fig. 85. Gaiffe's elektrische Lampe.

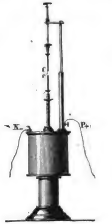



Fig. 84. Elektrische Lampe von Dubosq.

Fig. 86 und 87. Schraube zu Gaiffe's Apparat.

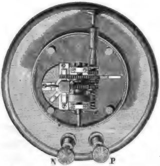



Fig. 88. Gaiffe's Apparat im Grundriss.

Digitized by Google

wieder, ohne in direkte Berührung zu kommen, weil der wieder durch die Annäherung der Kohlenspitzen verstärkte Strom den Anker von Neuem gehoben hat und die Kohlenstücke einhält. — In Fig. 84 sehen wir die elektrische Lampe von Dubosq, welche, nach dem eben geschilderten Prinzipe gebaut, den Mechanismus in der unter den Drahtenden befindlichen runden Kapsel einschliesst.

Fig. 85 zeigt uns den vereinfachten Regulator von Gaiffe. *ABCD* ist eine cylindrische Hülle, welche den Mechanismus des Apparates enthält; *AB* ist eine runde Platte, welche von zwei Säulen getragen wird, *H* die obere Kohlenhülse, *H'* die untere Kohlenhülse, *J* ein kupfernes Verbindungsstück zwischen der Platte *AB* und dem oberen Kohlenträger, *K* eine gezahnte Eisenstange, welche den Kohlenträger *H'* regiert und senkrecht in die Drahtrolle *l* eingeschoben ist. Wenn der elektrische Strom die Drahtrolle umkreist, senkt sich diese Stange, indem sie der Attraktionskraft des Stromes folgt. Bei *O* befinden sich zwei gezahnte, durch Elfenbeinscheiben von einander getrennte Räder, welche sich frei um die Axe *N* bewegen. Die Grösse der beiden Räder verhält sich wie 1 : 2 und korrespondirt das grössere mit einer gezahnten Stange *X* des Stabes *J*, das kleinere mit der Zahnstange *K*. Während die Stange *K* sich um eine gewisse geringe Masseinheit hebt, senkt sich die Zahnstange *X* des Stabes *J* um das Doppelte. Diese Vorrichtung ist durch die differente Abnutzung der beiden Kohlenspitzen bedingt, welche sich ebenfalls wie 1 : 2 verhält. Eine doppelseitige Vorrichtung an den Rädern *O* enthält eine Feder, welche beständig die Stäbe *J* und *K*, vielmehr indirekt deren Fortsetzungen, zu nähern strebt. Bei *N* befindet sich ein viereckiger Zapfen, zum Aufziehen der Feder mittels Uhrschlüssels, bei *V* eine durch vier Schrauben festzustellende Zwinge, welche auf- und zugedreht werden kann, um die zu den Kohlenspitzen führenden Stangen auch ohne Hülfe des Bewegungsapparates gegenseitig nähern und entfernen zu können. Figg. 86 und 87 zeigen diese Schraubenvorrichtung im Längen- und Querschnitt.

Figur 88 zeigt den nämlichen Apparat im Grundriss. — Bei *N* und *P* befinden sich die Klemmschrauben für den negativen und positiven Draht der Batterie. Der Gang des elektrischen Stromes durch diesen Apparat ist folgender: Nachdem der Strom bei *CP* eingetreten ist, geht derselbe durch *X*, *J*, *Y*, *V*, *I*, *H*, *H'* und *K*, durchströmt die Drahtrolle *l* und verlässt den Apparat bei *ND*. Wenn der Strom nicht cirkulirt, werden die beiden Kohlenspitzen durch die Federkraft der Vorrichtung *V* dicht an einander gehalten; sowie aber der Strom eingetreten ist, zieht die Drahtrolle *l* den Stab *K* an, und das elektrische Licht macht die beiden Kohlenspitzen erglühen und leuchten, welche, sobald sie

sich einigermassen abnutzen und dadurch den Strom unterbrechen, sofort durch die Federn bei *O* und *V* wieder genähert werden.

### e. DAS HYDROOXYGENGAS-LICHT.
(Drummond'sches Kalklicht.)

Wenn man Wasserstoffgas vor dem Anzünden mit so viel reinem Sauerstoffe mengt, als zur vollständigen Verbrennung des ersteren erforderlich ist und die Mischung entzündet, so explodirt solche bekanntlich mit einem starken Knalle und entwickelt eine Hitze, welche durch wenig andere Verbrennungsmethoden erreicht wird. —

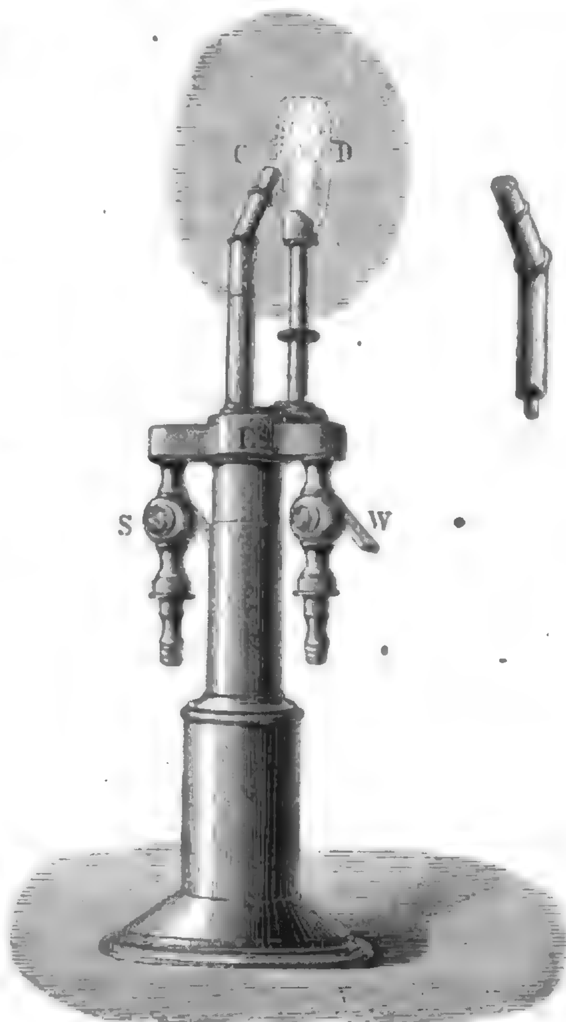


Fig. 89. Knallgasgebläse.

Ein englischer Marine-Offizier, Drummond, hatte zuerst den Gedanken, auf ein Stück Kreide, oder reinen Kalk, eine entzündete Mischung von Wasserstoff und Sauerstoffgas wirken zu lassen. Er erhielt durch das Weissglühen des Kalkes das lebhafte Licht, welches seinen Namen trägt.

Es bedarf, um eine Explosion zu vermeiden, einer Vorrichtung, die beiden Gase erst an dem Orte des Anzündens zu mengen, damit die Flamme beim Gebrauche nicht in das Innere des Behälters zurückschlagen könne. Dieses wird erreicht, wenn die Gase aus besonderen Behältern durch zwei Leitungsröhren in eine Ausmündungsröhre gelangen, wobei, um das richtige Mischungsverhältniss zu treffen, die Querschnitte der beiden Röhren wie 2 : 1 sich zu verhalten haben. Man nennt diese Vorrichtung das Knallgasgebläse (Fig. 89). Man öffnet den Hahn des Wasserstoffgasrohres *W*, oder das zuführende Rohr gewöhnlichen Leuchtgases, welches man zu gleichem Zwecke verwenden kann, und lässt das Sauerstoffgas *S* erst zuströmen, wenn der Kalkcylinder recht gleichmässig erwärmt ist. Um ein genügendes Knallgaslicht zu erhalten, hat man ausser dem Gebläse, welches wir in Fig. 89 abgebildet, eine Vorrichtung zur Aufbewahrung des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases nöthig.

Erstere fällt gewöhnlich bei Benutzung einer Leuchtgasleitung weg. Solche Aufbewahrungsbehälter bestehen entweder in blechenen Gasometern oder in Gassäcken von Kautschuk, welche die Form eines Blasebalges haben, wie Solches unsere Fig. 90 zeigt. Die Säcke haben an einem Ende einen Hahn zur Regulirung des ausströmenden Gases.

Fig. 90 zeigt ausserdem eine Klappenvorrichtung, um die Gassäcke für die Benutzung des Gases einem gewissen Drucke unterwerfen zu können. Die Klappe ist von zwei in einem Winkel artikulirenden Bretern gebildet, und ist an derselben ein Querstück zum Aufsetzen der Gewichte angebracht. Fig. 91 zeigt die Endtheile der zuführenden Gasröhren, in welchen Sicherheitsventile angebracht sind, um ein Zurückschlagen der Flamme zu verhüten. Derartige Ventile können dreierlei Art sein. Das Sicherheitsventil *A* wirkt durch sein eigenes Gewicht, das mittlere *B* durch eine Spiralfeder, während das dritte *C* durch einen elastischen Zug geschlossen wird. In Fällen, wo die Kautschuksäcke nicht

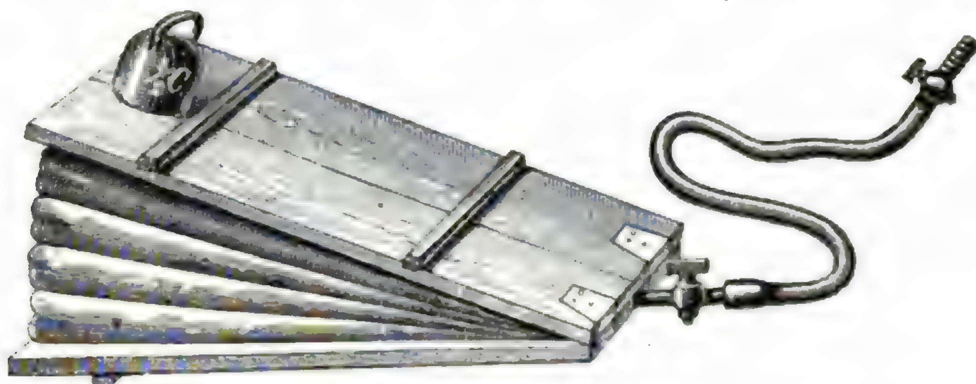


Fig. 90. Sauerstoffgasbehälter.

zu beschaffen sind, können Metallbehälter mit Vortheil verwendet werden. Solche bestehen aus cylindrischen Kupfer- oder Zinkplatten (Fig. 92) und sind nach Art aller Gasometer mit Wasserdruckvorrichtung versehen. Zwei Cylinder, *A* und *B*, sind in der Weise zusammengefügt, dass der äussere *A* über dem inneren, nach oben geschlossenen *B* gleichsam gestülpt ist. Beide Cylinder stehen in einem mit Wasser gefüllten Gefässe *D*. Das Wasser schliesst bei *a* den Cylinder *A* ab, welcher durch die über Rollen aufgehängten Gewichte in Schwebe gehalten wird. Durch dasRohr *b* wird das Sauerstoffgas zugelassen, welches den Cylinder *A* bei der Füllung in die Höhe drückt. Ist der Cylinder gefüllt und soll aus demselben das Gas wieder entweichen, so geschieht dieses bei *c*, indem die Gewichtsteine abgehängt werden, der Cylinder *A* durch seine Eigenschwere sich in das Wasser senkt und dadurch selbst das Gas bei *c* wieder auspresst.

Was die Darstellungsweise des zu benutzenden Sauerstoffgases anbetrifft, so ist für kleinere Experimente die bekannte Methode durch

Erhitzung einer Mischung von chlorsaurem Kali und Eisenoxyd in einer durch eine Spiritusflamme erwärmten Glasretorte zu empfehlen. Für die Darstellung in grösseren Mengen ist ein gusseiserner Kolben, welcher, mit der genannten Mischung gefüllt, über Kohlenfeuer erhitzt wird, geeigneter.

Sowol zu photographischen Arbeiten als auch für Projektionsstudien und Lehrzwecke ist die Einrichtung von Tessié du Motay besonders zu empfehlen. Tessié du Motay hat gefunden, dass, wenn man mangansaures Natron in einer gusseisernen Retorte auf 450°·C. erhitzt und man zu gleicher Zeit durch die Retorte Wasserdampf streichen lässt, die Mangansäure sich zersetzt und einen Theil ihres Sauerstoffes abgiebt, welcher in einem Gasometer aufgefangen wird. Ist durch diese Prozedur ein grosser Theil des Sauerstoffes frei geworden, so kann man mit Leichtigkeit solchen dem desoxydirten Salze wieder zuführen, indem man einen Strom warmer atmosphärischer Luft an Stelle des Wasserdampfes durch die Retorte streichen lässt. Das mangansaure Natron bildet sich von Neuem auf Kosten des Sauerstoffes der Luft und kann nun wieder unter dem Einflusse sehr hoher Temperatur mit Hülfe des Wasserdampfes Sauerstoff abgeben. Durch diese abwechselnde Operation liefert dieselbe Portion mangansaueren Natrons stets neue Mengen reinen Sauerstoffgases. Um das Sauerstoffgas im Grossen zu bereiten (Fig. 93), werden eine Anzahl eiserner Kessel *B*, *B* zusammengemauert, welche das mangansauere Natron enthalten, und bis zur Rothglühhitze erwärmt werden können. Ein Dampfkessel (*C*) giebt durch ein Rohr (*L*) den nöthigen Dampf ab; die Mischung von Dampf und Sauerstoff wird in einer eisernen Vorlage gewaschen, woselbst sich der Dampf kondensirt und das Sauerstoffgas in einen Gasometer übergeführt wird. Der zweite Theil der Operation, d. h. die Durchstreichung der von Kohlensäure befreiten atmosphärischen in *D* gewärmten Luft geschieht durch einen Ventilator, welcher von einer kleinen Dampfmaschine getrieben wird.

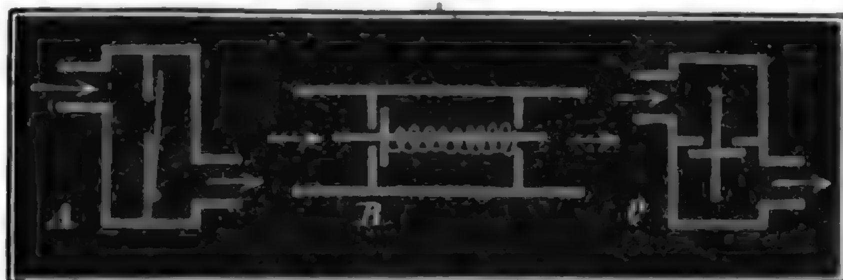


Fig. 91. Sicherheitsventile.

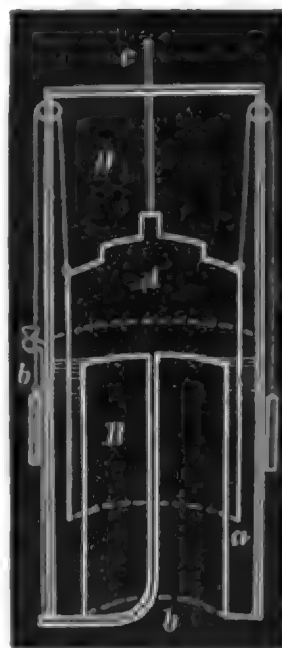


Fig. 92. Gasometer.

Fig. 93 zeigt die Totalansicht der von Tessié du Motay angewandten Apparate. *A* bedeutet den Heizofen, *B, B* Retorten, *C* Dampfkessel, *D* Luftwärmekessel, *E, F* Luftzugröhren, *G* Hauptabzugsrohr für das gewonnene Sauerstoffgas, *H* Dampfzuführungsrohr, *L* Dampfdurchstreichungsrohr,

Fig. 93. Apparat zur Gewinnung von Sauerstoff im Grossen.

*M* Sammelröhren für das gewonnene Sauerstoffgas, *N* Verbindungsstück der Sammelröhren für das letztere, *P* Luftzugszuführungsrohr, *R* Kohlenreservoir, *S S* Heizungsstellen, *T* Haltestangen für das Röhrenwerk.

Um das auf diese Weise bereitete Sauerstoffgas zur Verwendung zu transportiren und in Gasometer oder Gassäcke überzuführen, wurden eigene Kompressionscylinder konstruirt. Fig. 94 *A* zeigt uns einen solchen Behälter. *E* ist ein aus Schmiedeeisen bereiteter Cylinder, *F* ein starker Hahn, *G* ein Regulator, welcher in dem zweiten Theil der Fig. 94 *B* vergrössert gezeichnet ist. Derselbe wird durch eine centrale in der Mitte durchbohrte Scheibe gebildet; durch das Bohrloch geht ein Schliess-Stift *S*, welcher durch die Mikrometerschraube *M* um ein Minimum geöffnet werden kann, so dass das komprimirte Gas bei *L* allmählich auszuströmen im Stande ist. Der Stift *S* muss, um leichte Oxydation zu vermeiden, von Platina oder Gold angefertigt werden.

Den in grossen Behältern aufgefangenen Sauerstoff nach oben geschilderter Methode zu verwerthen und einzelnen Konsumenten zugänglich zu machen, dienen eigene transportable Gasbehälter, deren jeder circa 400 Liter gewöhnliches Gas, wenn in komprimirtem Zustande, fassen kann; solche sind in einen Transportwagen eingeschlossen.

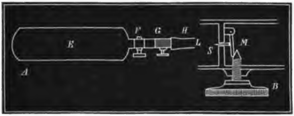



Fig. 94. Cylinder zur Kompression des Sauerstoffes.

Das in diese Cylinder eingeschlossene Gas steht unter einem Druck von 11 Atmosphären. Jeder Cylinder (Fig. 95) trägt ein durch einen Hahn verschliessbares Abzugsrohr, welche Röhren gemeinschaftlich in einem Hauptrohr *AB* zusammenmünden, das mit einem Manometer, welcher die stete Höhe des Gasdrucks anzeigt, kommunizirt. Das Hauptrohr kann durch 9 Hähne immer mit jedem einzelnen Cylinder separat in Verbindung gesetzt werden. Das Rohr *C* mit Gummischlauch dient zur Abgabe des Gases an die Konsumenten. Letztere besitzen einen einfachen metallenen Gasbehälter, in welchem das komprimirte Sauerstoffgas durch eigene Kraft infolge seiner Kompression einströmt. Bei dem jeweiligen Gebrauche mischt sich das Sauerstoffgas mit Leuchtgas in eigens konstruirten Brennern, um, entzündet, einen kleinen Griffel von Magnesia in leuchtende Gluth zu versetzen. Fig. 96 zeigt einen solchen Brenner mit mehreren Oeffnungen. Der Sauerstoff kommt aus den

Digitized by Google

Röhren $NN'$, der Magnesiacylinder wird auf $C$ in Mitte dieses Röhrensystems aufgesteckt, das Leuchtgas entströmt den Röhren $NN'$. —

In neuerer Zeit wurde die Anwendung des Knallgasgebläses durch eine sehr ingeniöse Modifikation von Dr. L. Haarecker in Wriezen a. d. O. vereinfacht. Der Kalkcylinder ist durch einen Magnesia-Olivincylinder

Fig. 96. Transportwagen für komprimirtes Gas.

ersetzt, auf welchen eine mit Sauerstoff genährte Alkoholflamme ausströmt. $R$ (Fig. 97) ist ein Alkoholreservoir, aus welchem durch eine Röhre der Alkohol nach dem Dochte bei $D$ fliesst; eine zweite Röhre $AB$ ist unter der ersten angebracht, aus welcher bei $B$ das einem Gassacke entströmende Sauerstoffgas zu Tage kommt und die Flamme auf den bei

*S* aufzusteckenden Olivincylinder *O* leitet. Die aus Magnesia, Kalk und Chrysolith (Olivin) zusammengesetzten Cylinder werden in einer hydraulischen Presse geformt und besitzen, in Weissglut gebracht, ein sehr helles, gleichmässiges und sehr stark photochemisches Leuchtvermögen.

### f. DAS STICKOXYD-SCHWEFEL-KOHLENSTOFFLICHT.

Eine weitere sehr ergiebige künstliche Lichtquelle zu photographischen Zwecken ist das Stickoxyd-Schwefelkohlenstofflicht. Eine in einem Cylinder befindliche Mischung von Schwefelkohlenstoffdampf und Stickoxydgas brennt mit intensiv blauer Flamme. Delachanal und Mermet in Paris haben eine Vorrichtung ersonnen, womit eine kontinuirliche durch Stickoxyd angefachte Schwefelkohlenstoffflamme erzeugt werden kann. Zu diesem Zwecke nimmt man eine zweihalsige Woulf'sche Flasche von 500 Kubikcentimeter Inhalt (Fig. 98) und füllt dieselbe mit in Schwefelkohlenstoff getränkten Schwamm-, Koaks- oder Bimsteinstücken. In eine Tubulatur ist ein Rohr (*A*) eingefügt, welches auf eine Entfernung von ungefähr ½ Centimeter vom Pfropfen nach innen ausmündet; in der andern Tubulatur liegt ein zweites Rohr, das in eine ungefähr 20 Centimeter lange Glas- oder Metallröhre (*B*) eingefügt ist, welche mit dicht geschichtetem Hammerschlag gefüllt wird. Hierdurch soll das Zurückschlagen der Flamme und hiemit eine Explosion der Gasmischung verhindert werden. Durch das Rohr *A* lässt man Stickoxydgas eintreten, welches die Schwefelkohlendämpfe mitnimmt und dann nach dem Austritte durch das Rohr *B* mittels eines Kautschukrohres in einen modifizirten Bunsen'schen Brenner *C* geleitet wird, der keine Oeffnungen für den Zutritt der Luft und auch nicht das konische Einsatzstück zur Regulirung der Gaseinströmung besitzt. Das Stickoxyd wird nach St.-Claire-Deville durch die Einwirkung einer Mischung von Salpeter- und Schwefelsäure auf Eisen bei gewöhnlicher Temperatur erzeugt, indem man in eine Flasche auf eine Lage von Porzellanscherben

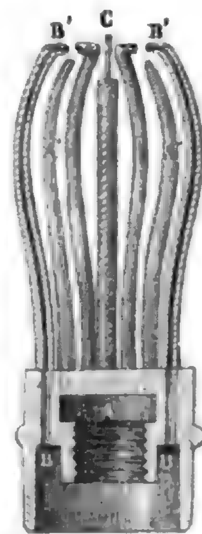


Fig. 96. Sauerstoff-Leuchtgasbrenner.

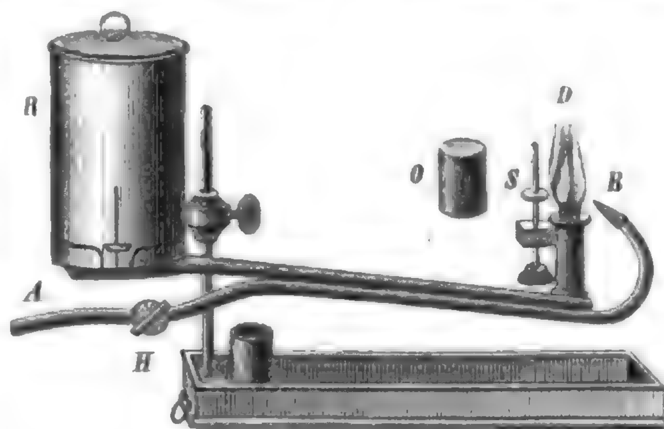


Fig. 97. Harnecker's Olivinlicht.

Stücke von Schmiedeeisen bringt und eine zweite mit dem Säuregemisch füllt. Die am Boden befindlichen Tubulaturen beider Flaschen werden durch ein starkes Kautschukrohr verbunden, durch welches das Säuregemisch zum Eisen vordringen kann. Ein in den Tubulus der das Eisen enthaltenden Flaschen eingesetztes Rohr mit Hahn ist mit dem Apparate Figur 98 verbunden und gestattet die Regulirung des austretenden Gases. Bei gehöriger Dimension des Apparates lassen sich blendende Flammen von 25 Centim. Höhe erzielen, womit gute photographische Bilder dargestellt werden können. Die photogenische Kraft der beschriebenen Flamme übertrifft angeblich jene des Magnesiumlichtes; solche ist zweimal so stark als jene des Hydro-Oxygen-Gaslichts und dreimal so gross, als die des elektrischen Lichtes. Ihre Fülle gestattet die Beleuchtung grosser Flächen, und die Anschaffungskosten des Apparates sind im Vergleich mit anderen Vorrichtungen sehr gering. Diese vereinigten Vortheile berechtigen zur Hoffnung, dass das Schwefelkohlenstofflicht bei photographischen Vergrösserungen und bei Reproduktionen sowol mikroskopischer

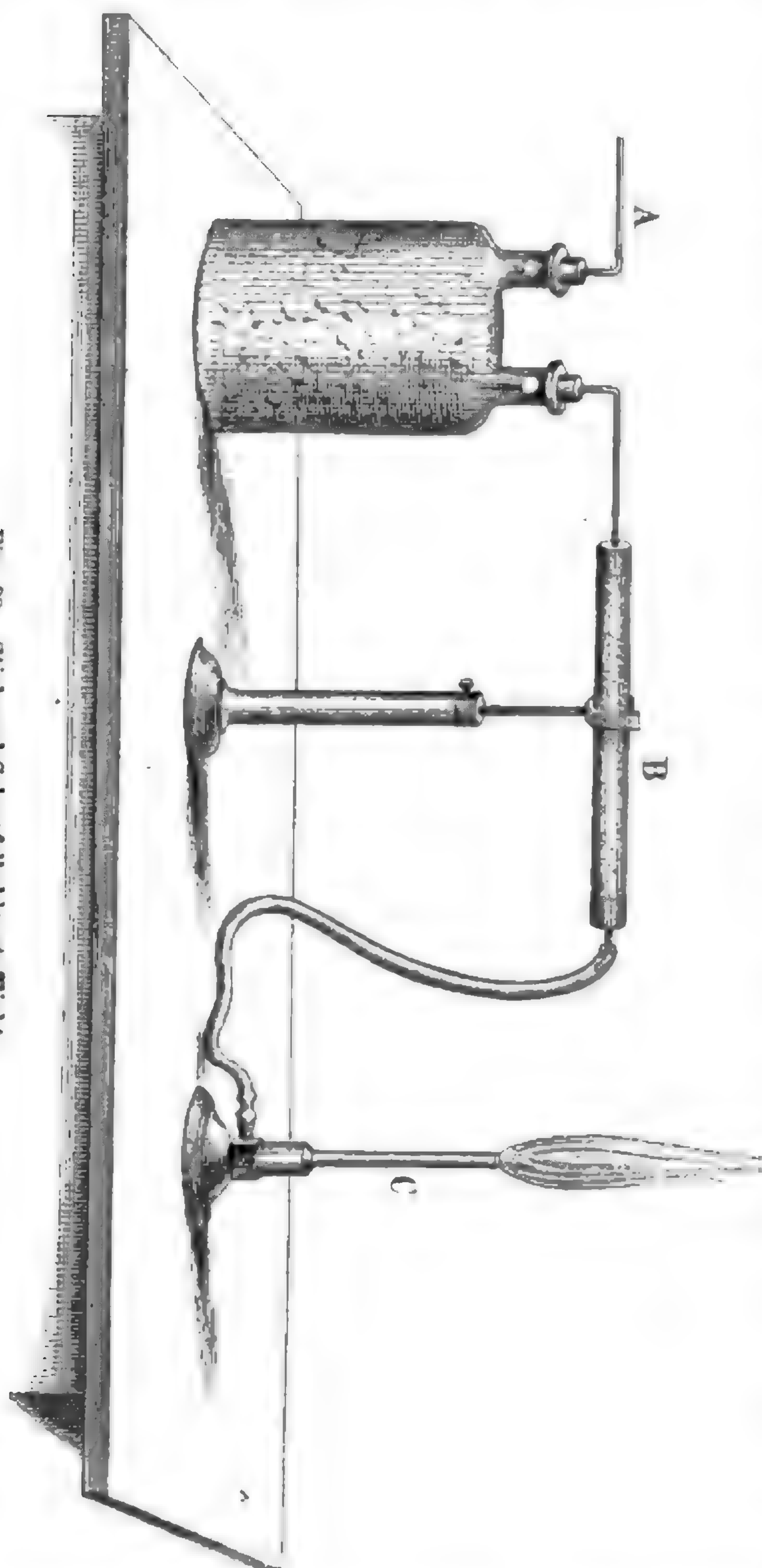


Fig. 98. Stickoxyd-Schwefelkohlenstofflicht.

als auch anderer naturwissenschaftlich interessanter Objekte bald praktische Anwendung finden werde. Bei der Zerlegung dieses Lichtes durch ein Spektroskop erhält man ein Spektrum, welches von einem System glänzender, sehr nahe beieinander liegender Linien durchzogen ist.

Weitere Experimente mit diesem Lichte wurden zu photographischen Zwecken in den letzten Jahren von E. Sell in Berlin, Riche und Bardy in Paris und Professor Dr. H. W. Vogel in Berlin angestellt. Sell hat mit diesem Lichte Photographien ausgeführt, die bei verhältnissmässig kurzer Expositionszeit in Bezug auf Feinheit der Licht- und Schattenpartien wenig zu wünschen übrig liessen. Riche und Bardy gingen von dem Gedanken aus, dass die Flamme des mit Stickoxyd verbrennenden Schwefelkohlenstoffes ihre photographische Wirksamkeit nicht dem mit gelblicher Flamme verbrennenden Kohlenstoff, sondern dem Schwefel verdanke, dessen Flamme ein sehr reines Blau zeigt. Sie gossen Schwefelkohlenstoff in eine Schale, zündeten denselben an und leiteten einen Sauerstoffstrom zu. Die Flüssigkeit verbrannte ohne Explosion mit sehr intensiv blauem Lichte. Wurde statt des Sauerstoffstromes bei gleichen Verhältnissen Stickoxyd zugeleitet, so ergab sich wol auch ein blaues Licht, das jedoch in photographischer Beziehung weniger wirksam war. Der Ersatz des Stickoxyds durch Sauerstoff ist besonders aus sanitären Rücksichten zu empfehlen, da das Stickoxyd auf die Respirationsorgane nachtheilig wirkt. Die genannten Forscher prüften die Flamme des brennenden Schwefels hinsichtlich ihrer Wirksamkeit durch Vergleich mit dem Lichte einer durch Sauerstoff angefachten Leuchtgasflamme, mit dem Drummond'schen Kalklichte, dem Magnesiumlichte und dem in Sauerstoff verbrennenden Zinklichte. Aus den Versuchsreihen ergab sich, dass das Licht, welches der bei Zuleitung eines Sauerstoffstroms verbrennende Schwefel verbreitet, das wirksamste ist, indem es das mit Sauerstoff gesättigte Gaslicht um das Achtfache, das Magnesiumlicht um fast das Doppelte und das Drummond'sche Licht um fast das Dreifache in Bezug auf photochemische Wirksamkeit übertrifft. Professor Dr. Vogel hat dieselbe Flamme genau spektralanalytisch untersucht und nicht nur zahlreiche helle Linien in Hellblau, sondern auch noch intensiver wirkende Lichtpartien in Indigo und Violett nachgewiesen. Er fand, dass das auf Jodsilberplatten photographirte Spektrum der geschilderten Lichtquelle besonders im Ultraviolett eine entschiedene, chemische Wirkung zeige. (Siehe das Kapitel VII über Spektralanalyse und vergleiche die bezüglichen Notizen in der »photographischen Korrespondenz« No. 130 und 132, Wien, Jahrgang 1875, aus welcher Zeitschrift wir obige Mittheilungen in kurzem Auszuge zusammengestellt haben.)

### g. DAS PYROTECHNISCHE LICHT.

Ausser dem erwähnten Schwefel-Sauerstoff-Lichte geben verschiedene leicht brennbare Mineralien nach Entzündung in atmosphärischer Luft kräftige Lichtwirkungen. Zu photographischen Zwecken wird eine Mischung von 56 Theilen Salpeter, 21 Theilen Schwefelblumen und 6 Theilen Schwefelantimon besonders empfohlen, womit Moule in England vor mehreren Jahren bei Nacht photographirt und bedeutendes Aufsehen durch seine gelungenen Experimente erregt hat. Die erwähnten Substanzen werden fein pulverisirt, auf ein sehr zartes Sieb von Seide gebracht, vorsichtig gemischt und durchgeschlagen. Die gesiebte, in dünne Pappdeckelbüchsen eingepresste Masse wird nach Art der durch die Feuerwerkkunst bekannten römischen Lichter angezündet und brennt, in einen 15 Centimeter langen und 2 Centimeter breiten Cylinder eingeschlossen, mehrere Minuten lang mit hellem Glanze und sehr intensivem Lichte. Um die Einathmung schädlicher Dämpfe zu verhüten, wird eine eigenthümliche Lampenvorrichtung (Fig. 99) benutzt, welche wir in Form eines sechsseitigen, aus Gusseisen und Glas gefertigten Kastens dargestellt haben. In denselben strömt durch eine Anzahl in den Boden eingebohrter kleiner Oeffnungen atmosphärische Luft ein, während die Dämpfe oberhalb durch einen Rauchfang entweichen. Auf dem Boden dieser Laterne befindet sich eine Erhöhung von Metall, in welche der Zündstoff vor dem Anbrennen eingefügt wird.

Fig. 99. Lampe zum pyrotechnischen Lichte.

Die bedeutendste photochemische Wirksamkeit unter den verschiedenen künstlichen Lichtquellen besitzt das Schwefel-Sauerstofflicht: dann folgen, in Bezug auf photochemische Kraft, das Stickoxyd-Schwefelkohlenstofflicht, das Magnesiumlicht, das Drummond'sche und das elektrische Licht und schliesslich die pyrotechnischen Lichtquellen. Eine schwächere photochemische Kraft besitzen die Flammen des Petroleum, des Gasolins, des Leuchtgases und des Kerzenlichtes, immer jedoch finden sich auch hier noch eine genügende Menge wirksamer Strahlen, weshalb man auch diese weniger intensiven Lichtquellen niemals im Dunkelzimmer, dessen Einrichtung wir im folgenden Kapitel näher kennen lernen werden, verwenden darf.

# VIERTES KAPITEL.
# DIE PHOTOGRAPHISCHE TECHNIK.

## A. DAS KOLLODIUM-VERFAHREN.

### 1. UTENSILIEN UND CHEMIKALIEN.

Zu dem Inventare eines einigermassen vollkommenen, kleinen photographischen Ateliers für wissenschaftliche Zwecke gehören ausser den entsprechenden optischen Hülfsmitteln folgende Utensilien:

*a*) für den Negativprozess:

1. Eine Camera nebst Objektiv und Kassetten, wie wir solche im vorigen Kapitel geschildert haben.

2. Ein Stativ (Figur 100); dasselbe hat aus drei in einander verschiebbaren Füssen zu bestehen und kann dadurch auf verhältnissmässig kleinem Raum zusammengelegt werden. An den Enden der Füsse sind spitze Eisen zum Feststellen des ganzen Apparates angebracht. Derartige Stative sind auch in komplizirten Formen im Gebrauche.

3. Eine Lupe zum scharfen Einstellen der Bilder.

4. Ein schwarzes Tuch, am geeignetsten von dickgewebtem Baumwollensammt, zum Verhüllen des Kopfes beim Einstellen der Bilder. Es ist gut, wenn dieses Tuch mit Häkchen versehen wird, um es an die Camera zu befestigen.

5. Ein Stück weichen Hirschleders zum Reinigen der Objektive, sowie einige weiche leinene Tücher zum Putzen der Glasplatten.

6. Einige Dutzend abgekanteter Glasplatten von verschiedener Grösse; am geeignetsten sind Spiegelglasplatten, da solche auch für den später zu schildernden Lichtdruckprozess verwendbar sind. Die Glasplatten werden in Holzkästchen aufbewahrt, welche zum Einschieben der Negative mit Rinnen versehen sein müssen (Fig. 101).

7. Ein Putzbret zum Reinigen der Glasplatten; es besteht dieses aus einem flachen mit Handgriff versehenen Brete, auf welches zwei Leisten befestigt sind, wovon die eine beweglich und durch eine Schraube fest zu klemmen ist, während die andere auf das Bret festgeschraubt

sein muss. Zwischen beiden Leisten werden die Glasplatten zum Reinigen eingezwängt (Fig. 120 S. 102).

8. Zwei pneumatische Plattenhalter von Kautschuk; dieselben bezwecken, dass die Platte nicht unmittelbar berührt und die Hände bei der Präparation vor Verunreinigung mit Chemikalien geschützt werden (Fig. 121 S. 102).

Fig. 101. Kasten zur Aufbewahrung von Glasplatten.

Fig. 102. Porzellanschale.

Fig. 103. Küvette aus Guttapercha.

Fig. 105. Einfacher Ständer.

Fig. 104. Küvette aus lackirtem Holze.

9. Einige Glas- oder Kautschukgefässe (Küvetten) verschiedener Grösse. Solche sind von zweierlei Art im Gebrauch: in Form von Schalen (Fig. 102, 103, 104) flach und horizontal oder in Form von Ständern hoch und vertikal (Fig. 105). Erstere Form ist mehr für den Gebrauch im Hause, letztere mehr für Exkursionen geeignet. Für Reisende ist eine Küvette aus gegossenem Glase (Fig. 106) besonders zu empfehlen, in

welcher die Silberlösung zugleich transportirt werden kann. Derartige Gefässe sind mit Guttaperchahüllen umzogen (Fig. 106), und durch einen Deckel *E* mittels der Schraube *F* verschliessbar. Zum Eintauchen der Platte in das Silberbad dienen Horn-, Silber- oder Glashaken (Fig. 107).

10. Ein zusammenlegbares, mit geeigneten Rinnen versehenes Gestell zum Trocknen der exponirten Glasplatten (Fig. 108).

11. Eine Spirituslampe oder eine Bunsen'sche Gaslampe (siehe Kapitel VII).

12. Ein Gläsergestell mit 12 Reagensgläsern.

13. Ein Filtrirapparat (Fig. 109) mit mehreren Trichtern, sowie einige kleine runde Glasstäbe.

14. Eine Spritzflasche zum Abspülen der Negative.

Fig. 105. Steh-Küvette aus Glas.

15. Einige graduirte Mensuren mit Kubikcentimetertheilung.

16. Ein zum Waschgefäss dienender tiefer Zink-, Glas- oder Porzellantrog mit Abflussrohr (Fig. 110).

Fig. 106. Steh-Küvette mit Futteral und Deckel.

Fig. 107. Silberbadhaken.

17. Eine Anzahl tubulirter Gläser mit eingeriebenen Glasstöpseln, sowie eine besondere Kollodionflasche (s. u.).

18. Ein Stück Bimstein, zum Reinigen der Hände.

19. Eine kleine Handwage mit Grammgewichten.

Digitized by Google

*b*) Für den positiven oder Kopirprozess sind zu beschaffen:

20. Federklammern, mittels deren das sensibilisirte Papier zum Trocknen aufgehängt wird (Fig. 111).

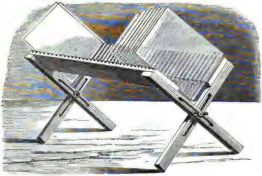


Fig. 108. Glasplattengestell.

Fig. 109. Filtrirapparat.

21. Einige Kopirrahmen zum Abziehen der positiven Bilder, bestehend aus verschieden grossen in Holzvierecke eingelassenen Spiegelglasplatten, auf welche gleichgrosse aus zwei bis drei artikulirenden Stücken zusammengesetzte Bretchen durch Federn aufgepresst werden (Fig. 112).

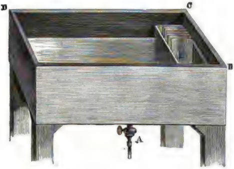



Fig. 110. Waschgefäss mit Zinkauskleidung.

Fig. 111. Papierklammer.

22. Eine Satinirmaschine zum Pressen und Glätten der auf Cartons geklebten Bilder (Fig. 113).

Digitized by Google

23. Eine Anzahl grösserer und kleinerer viereckiger Glas- oder Porzellanschalen.

Von Chemikalien sind vorräthig zu halten:

*a*) Für den Negativ-Prozess:

200 Gramm Jodkollodium, wie solches zu photographischen Zwecken käuflich zu haben ist.
600 Gramm salpetersaure Silberoxydlösung im Verhältniss 1 : 10.
30 Gramm Pyrogallussäure.
200 Gramm Eisessig.
$^1/_2$ Kilogramm schwefelsaures Eisenoxydul.
1 Kilogramm unterschwefligsaures Natron.
150 Gramm Negativlack.
150 Gramm absoluten Alkohols.
100 Gramm rektifizirten Aethers.
100 Gramm einer Flüssigkeit, Tripel in Alkohol zum Poliren der Platten.
30 Gramm Cyankali.

Fig. 112. Kopirrahmen.

Vorrath von 50 Gramm krystallisirtem, salpetersaurem Silberoxyd

*b*) Für den Positiv- (Kopir-) Prozess:

500 Gramm salpetersaure Silberoxydlösung (1 : 8).

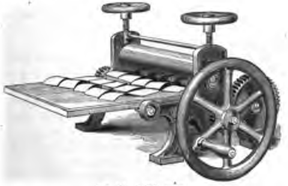


Fig. 113. Satinirpresse.

400 Gramm einer Lösung von Goldchlorid.
50 Gramm doppelt kohlensaures Natron.
2 Kilogramm unterschwefligsaures Natron.
2 Buch gesalzenes Albuminpapier; $^1/_2$ Buch Arrowrootpapier.

Digitized by Google

1 Buch schwedisches Filtrirpapier und 2 Buch Fliesspapier zum Reinigen der Gläser.
100 Gramm doppelchromsaures Kali.
1 Rolle Kohlepapier.

### 2. ÜBER DIE PRÄPARATION DER CHEMIKALIEN UND LÖSUNGEN.

Wenn auch in den jüngsten Jahren in fast allen civilisirten Ländern ein spezieller Geschäftszweig für den Verkauf photographischer Utensilien sich ausgebildet hat, und uns von den Firmen E. Liesegang in Elberfeld, R. Talbot, Ferd. Beyrich, Trapp und Münch, L. G. Kleffel in Berlin, Ulbricht und Kaders in Dresden, O. Kramer und A. Moll in Wien, Dr. C. Schleussner in Frankfurt a. M. und vielen Anderen die photographischen Chemikalien in vorzüglicher Reinheit fertig geliefert werden, so dürfte es dennoch gerade für unsere Zwecke geeignet erscheinen, einige kurze Angaben über die Selbstanfertigung der nöthigen Chemikalien mitzutheilen; denn leicht können dem reisenden Naturforscher in fremdem Lande durch unvorhergesehenes Missgeschick die chemischen Lösungen zu Grunde gehen, und wie leicht ist es möglich, dass der Genie-Offizier im Felde auf eigenes chemisches Wissen und Können angewiesen ist.

#### a. JOD-KOLLODIUM.

Obwol die Bereitung des jodirten Kollodiums in keinerlei Weise Schwierigkeiten bietet, und sich jeder einigermassen beschäftigte Photograph dieser Mühe selbst unterzieht, so rathen wir dennoch dem Anfänger in der bezüglichen Kunst, sich, falls es ihm irgend möglich, das fertige jodirte Kollodium käuflich anzuschaffen. Zur Selbstbereitung dieses Grundstoffes, bekanntlich einer Lösung von modifizirter Schiessbaumwolle in Alkohol und Aether, ist es nöthig, die Fabrikation der letzteren kennen zu lernen. Dieselbe wurde im Jahre 1845 von den Chemikern Prof. Rudolph Boettger in Frankfurt a. M. und Schönbein in Basel gleichzeitig erfunden. Sie wird durch Einwirkung einer Mischung von Schwefel- und Salpetersäure auf Holz- oder Baumwollenfasern (Cellulose) dargestellt und gleicht der gewöhnlichen Baumwolle. Die Schiessbaumwolle explodirt beim Berühren mit glühenden Stoffen, ohne löslich zu sein, während die Kollodiumwolle, welche in analoger Weise mit etwas verdünnten Säuren und bei weniger hoher Temperatur dargestellt wird, vollständig in Aether-Alkohol löslich ist. Man nehme 50 Gramm Salpetersäure, spez. Gew. 1,50, 50 Gramm Schwefelsäure, spez. Gew. 1,84, 15 Gramm gereinigte Baumwolle, 10 Gramm destillirtes

Wasser, erwärme diese Mischung bei 65° C. in einem Wasserbade und sorge, dass die sich entwickelnden schädlichen Dämpfe geeigneten Abzug erhalten. Nach circa 5—10 Minuten entferne man die Mischung aus dem Wasserbade, nachdem man sie durchgeknetet hat, giesse die gemischten Säuren ab und wasche die Wolle, indem man sie in einem mit kaltem Wasser gefüllten Becken auszupft und so lange durchtränkt, bis die oftmals erneuerte Flüssigkeit nicht mehr sauer reagirt, d. h. blaues Lakmuspapier nicht mehr röthet. Der nun erhaltene Stoff wird in gelinder Wärme getrocknet; er bildet die lösliche, auch Pyroxylin oder Nitrocellulose genannte Kollodiumwolle.

In neuerer Zeit verwendet man zu photographischen Zwecken auf analoge Weise präparirtes Seidenpapier, welches eine feinere Lösung geben soll. Es ist indessen gleichgiltig, mit welcher Art von Cellulose man das entsprechende Präparat darstellt. Die für photographische Zwecke massgebende Eigenschaft ist eine klare und leichte Löslichkeit in Aether-Alkohol. Zur Darstellung dieser Lösung (Rohkollodium) mische man besten absoluten Alkohol von 95% so lange zu Aether von 0,720 spez. Gewicht, bis das Aräometer 0,765 spez. Gewicht anzeigt. Von dieser Mischung nehme man 500 Gramm und löse darin 10 Gramm Kollodiumwolle auf, lasse die Mischung wohl umgeschüttelt zum Klären stehen und giesse nach 6—8 Tagen das klar gewordene Kollodium, welches neutral reagiren muss, vorsichtig ab. Zum Abgiessen dient eine eigenthümliche Kollodiumfiltrirflasche (Fig. 114). Ein oberes eingeriebenes kugelförmiges, unten mit Baumwolle verschlossenes Glasgefäss ist auf der unteren Flasche befestigt. Das Kollodium filtrirt durch die Baumwolle in die untere Flasche, während das durch die Mitte der Baumwolle gesteckte Glasröhrchen den Ausgleich des Luftdruckes im oberen und unteren Gefässe vermittelt, damit die Filtration nicht ins Stocken gerathe. Bei der raschen Verdunstung des Aethers ist es rathsam für Solche, welche in südlichen Gegenden arbeiten, folgendes alkoholreicheres Kollodium sich anzufertigen:

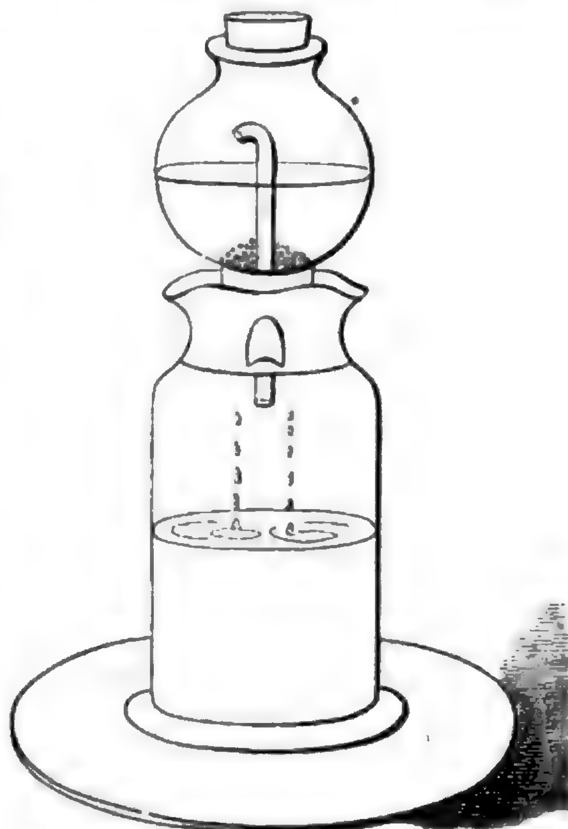


Fig. 114. Kollodiumflasche.

| | | |
|---|---|---|
| Alkohol | 100 | Kubikcentim. |
| Aether | 25 | „ |
| Kollodiumwolle | 1 | Gramm. |

Der Umstand, dass der Aether in heissen Klimaten infolge grosser Hitze schon bei gewöhnlicher Temperatur ins Sieden geräth, veranlasste Sutton, ein reines Alkoholkollodium unter dem Namen Alkolén zu erfinden, welches eine der Konsistenz einer Stärkelösung ähnliche Flüssigkeit bildet und obige Misstände beseitigt.

Ein gutes Rohkollodium muss beim Verdunsten der Alkohol-Aetherlösung ein reines, durchsichtiges, glasartiges Häutchen darstellen; nur dann ist dasselbe zu photographischen Zwecken, d. h. zur Weiterumwandlung in photographisches Jodkollodium geeigenschaftet. Die Jodirung bestehe aus einer Lösung von

| | | |
|---|---|---|
| Jodkadmium | 2 | Gramm, |
| Jodnatrium | 1 | „ |
| Bromkadmium | 1 | „ |
| Alkohol absolut. | 25 | „ |

welche Mischung filtrirt im Verhältniss von 1 Theil zu 3 Theilen Rohkollodium gesetzt wird.

Ein Kollodium von besonderer Haltbarkeit empfiehlt in neuerer Zeit Prof. Dr. H. Vogel. Man löse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10 | Gramm | Jodkadmium | in 270 Gr. Alkohol, |
| 17 | „ | Bromkadmium | in 270 „ „ |

Man mische 2 Volumtheile der Jodkadmiumlösung mit 1 Volumtheil der Bromkadmiumlösung zu 9 Theilen Rohkollodium von 2% Kollodiumwolle. Die besten Resultate wird man immer durch eigene Experimente finden, nur sorge man stets für vollständig reine Chemikalien.

### b. Silberlösung.

Das zur Sensibilisirung der Negativplatte nöthige Silberbad bestehe aus

30 Gramm salpetersaurem Silberoxyd ($Ag\,O\,NO_5$)
300 Gramm destillirtem Wasser ($H_2\,O$)
1 Tropfen Salpetersäure ($NO_5$).

Dieses Silberbad muss mit Jodsilber gesättigt werden, was dadurch geschieht, dass man eine mit Jodkollodium überzogene Glasplatte einige Zeit in dem Silberbade liegen lässt. Das salpetersaure Silberoxyd kommt im Handel krystallisirt und geschmolzen vor. Das geschmolzene, der Höllenstein, ist zu Silberbädern vorzuziehen. Zuweilen ist das Silbersalz verfälscht, welche Fälschung leicht nachweisbar ist, indem man in einem Reagensgläschen ½ Gramm Höllenstein in 10 Gramm

destillirtem Wasser löst, $^1/_2$ Kubikcentimeter Salzsäure zusetzt, umschüttelt, filtrirt und die Lösung abdampft. War der Höllenstein rein, bleibt kein Rückstand zurück; bleibt ein solcher, so zeigt dessen Gewicht die Grösse der Fälschung an.

Will man das salpetersaure Silberoxyd selbst bereiten, so übergiesse man einige Thalerstücke in einer Porzellanschale *B* Fig. 115 mit 50 Gramm Wasser und 50 Gramm Salpetersäure, bedecke die Mischung mit einem Trichter *A* und erhitze ziemlich gleichmässig, am besten über glühendem Kohlenfeuer. Die durch den Kupfergehalt der Münzen bläulich werdende Flüssigkeit entwickelt rothe Dämpfe, die allmählich schwinden und eine klare Flüssigkeit zurück lassen. Sobald alles Silber gelöst ist, verstärkt man den Hitzegrad, um die Flüssigkeit abzudampfen. Man bringt hierauf das abgedampfte Silbersalz zum Schmelzen, bis die bläuliche Farbe verschwunden und eine schwarze Masse entstanden ist, welche man fest werden lässt, in Wasser löst und filtrirt. Das unlösliche Kupferoxyd bleibt auf dem Filter zurück, während das gelöste Silbernitrat durchfliesst und beim Verdunsten den weissen Höllenstein bildet. Im zweiten Falle unterbricht man die Heizung, lässt die Mischung erkalten und trocknet die anschiessenden Krystalle auf dem Filter; die kupferhaltige Mutterlauge wird abgedampft und nochmals zu geschmolzenem Silber-Nitrate verarbeitet.

Fig. 115. Bereitung des salpetersauren Silbers.

### c. ENTWICKLUNGS-FLÜSSIGKEITEN.

Zur geeigneten Entwicklung des latenten Lichtbildes dienen vornehmlich die Pyrogallussäure und das schwefelsaure Eisenoxydul. Beide wirken sehr stark reduzirend auf Silbersalze ein. Das übliche Lösungsverhältniss für ersteren Stoff ist:

| | | |
|---|---|---|
| Pyrogallussäure | 1 | Gramm, |
| Destillirtes Wasser | 100 | Kubikcentim. |
| Eisessigsäure | 30 | „ „ |

Die Pyrogallussäure $C_{12}H_6O_6$ ist ein weisser geruchloser Körper, dessen Lösungen sich leicht zersetzen, wesshalb niemals mehr als 1 Gramm

auf einmal in Lösung vorräthig gehalten werden soll. Gebräuchlicher sind die Entwicklungsflüssigkeiten mit folgender Eisenvitriolauflösung:

5 Gramm schwefelsaures Eisenoxydul,
3 „ Eisessig,
100 „ Wasser,
1—2 „ Alkohol.

In neuerer Zeit wird die Wirkung dieser Flüssigkeit durch Zusatz einiger Tropfen einer essigsauren Morphiumlösung (1 : 30) wesentlich gefördert.

d. VERSTÄRKUNGS-LÖSUNG.

Hierzu benutze man eine bei jeder Aufnahme frisch anzufertigende Mischung einer reduzirenden Flüssigkeit mit einer sauren Silbersalzlösung. Die Zusammensetzung der letzteren, welche ungemischt vorher bereitet und verwahrt werden kann, ist:

Salpetersaures Silberoxyd 2 Gramm,
Citronensäure . . . 3 „
Destillirtes Wasser . 100 „

Mit dieser Lösung mischt man entweder obige Eisenoxydullösung oder

1 Theil Pyrogallussäure in
10 Theile Alkohol,

gelöst und filtrirt.

e. FIXIRUNGSLÖSUNG.

Diese besteht aus

1 Theil unterschwefligsaurem Natron,
4 Theilen destillirtem Wasser

oder

1 Theil Cyankali in
25 Theilen destillirtem Wasser.

Erstere Lösung ist vorzuziehen, da sie sich längere Zeit unzersetzt erhält und nicht die giftigen Wirkungen, wie das Cyankali, besitzt.

f. NACHDUNKELUNGS-PROZESS.

Zum Nachdunkeln der gewonnenen Negative, wenn solche nach dem Fixiren zu grau geworden sein sollten, dient eine Sublimatlösung und zwar

Quecksilberchlorid 10 Gramm
Destill. Wasser 160 „

Diese Lösung ist, da Quecksilberchlorid bei Licht in Quecksilberchlorür und Chlor zerfällt, in dunkeln Gläsern aufzubewahren. Das Nachdunkeln

beruht auf einer Zersetzung obigen Salzes in Calomel und Quecksilberchlorür, welches sich schwarz ablagert.

g. LACKIRUNG.

Zum Schutze des gewonnenen Negativs dient der Negativlack; solcher ist am besten käuflich zu beziehen. Anderen Falles ist hierzu eine Lösung von Schellack in Chloroform oder

| | | |
|---|---|---|
| weisser Schellack | 10 | Gramm, |
| Sandarak | 8 | „ |
| 95%iger Alkohol | 130 | „ |

zu empfehlen. Zum Lackiren von Platten, von welchen nur einige Kopien gemacht werden sollen, genügt dünne Gummilösung.

3. VERDUNKELTER RAUM ZUM PRÄPARIREN DER PLATTEN UND PAPIERE.

Wer sich in der günstigen Lage befindet, einen eigenen häuslichen Raum zu einem zu verdunkelnden Laboratorium für photographische Zwecke zu besitzen, der richte sich dieses Arbeitslokal in einem womöglich nach Norden gelegenen, schmalen einfensterigen Zimmer ein und verklebe alle Scheiben des Fensters bis auf eine einzige mit mehrfach übereinandergeleimtem schwarzem Papiere. Nachdem die eine Scheibe des Fensters herausgenommen ist, ersetze man dieselbe durch ein orangegelbes oder rothes Glas oder verschliesse den Raum mittels gelben transparenten Wachstafftes. Vor dem Rahmen dieses Fensters bringe man ausserdem noch einen Laden an, der die Scheibe lichtdicht verschliesst, damit das Zimmer auch total verdunkelt werden könne. Man überzeuge sich nach Abschliessung der gelben Scheibe durch den Laden, dass keine Spur von Licht durch irgend welche Spalte in den dunkeln Raum eindringe, indem bei der grossen Lichtempfindlichkeit der feucht präparirten Kollodiumplatten der geringste Strahl grellen Lichtes auf das Jodsilber schon eine störende Veränderung hervorbringen könnte.

Die innere Einrichtung des Dunkelzimmers geht aus der im §. 1. dieses Kapitels gegebenen Aufzählung der Geräthschaften und Chemikalien zur Genüge hervor. Ein Tisch mit Aufsatz und Regalen für die Lösungen, ein geeigneter Schrank zur Aufbewahrung der Utensilien und der trockenen Chemikalien, ein grosses Wasserbecken mit Abzugrohr, ein Wasserreservoir mit Hahn, sind nothwendige Erfordernisse. Im Uebrigen wird sich ein Jeder leicht bei genügendem Raume Alles nach eigenem Ermessen praktisch einrichten können; anders bei Solchen, die im Arbeitsraume beschränkt sind, sowie bei Experimentatoren, welche die Photographie auf Reisen oder im Felde auszuüben gedenken.

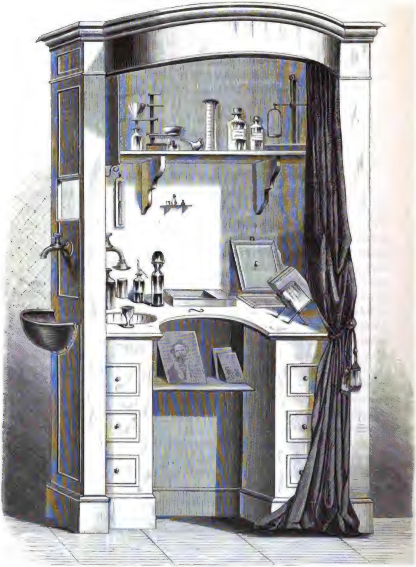


Fig. 116. Stein's Zimmerlaboratorium.

Digitized by Google

Diesen werden sich Zelte nützlich erweisen. Bei nicht zu sehr beschränktem Arbeitszimmer aber ist es ein Leichtes, sich in einer Ecke einen dunkeln Raum zum Präpariren der Platten einzurichten.

Ich benutze zu diesem Zwecke einen 1,85 Meter hohen, 1 Meter breiten, ½ Meter tiefen Holzschrank (Fig. 116), welcher an drei Seiten geschlossen und an der vierten Seite mit einem schwarzen lichtdichten Kautschukvorhange von Regenmantelstoff versehen ist. Der Vorhang ist rechts vom Operateur an einem vorstehenden Drahtbogen festgeheftet, während an der linken Seite der Eingang sich befindet. Der Kasten ist in der Nähe des Ofens mit seiner breiten Rückwand gegen die Wand des Zimmers aufgestellt; in seiner rechten Seitenwand befindet sich ein kleines gelbverglastes Schiebfenster mit einem Lädchen von circa 6 Quadratdecimeter Flächeninhalt. Von aussen ist derselbe braun polirt und macht den Eindruck eines Büchergestells. Unter dem gewölbten Dache befindet sich ein viereckiges Wasserreservoir von Zinkblech, welches von oben her mittels Trichters gefüllt wird und sein Wasser durch ein sich gabelig theilendes Bleirohr sowol in das Innere des Kastens als auch an die Aussenseite abgiebt. In diesem Stubenzelte werden nur diejenigen Operationen vorgenommen, welchen unbedingt der Lichtzutritt versagt werden muss, nämlich die Sensibilisirung und Einlegung der Platte in die Kassette, sowie Herausnehmen aus der letzteren nach geschehener Exposition zum Zwecke der »Hervorrufung«. Es befinden sich demnach nur das Silberbad und die zum Entwicklungsprozess nöthigen Chemikalien im Innern. Dieses ist durch einen gegen die Vorhangseite mit einem Kreisausschnitt versehenen Arbeitstisch horizontal getheilt, an welchem der Operateur, von dem Gummivorhange im Halbkreise gedeckt, steht, um frei und bequem operiren zu können. Links ist eine steinerne Abspülschale in ein Querbret eingelassen, die nach unten Abfluss besitzt, während vor dem Operateur das Silberbad in einem verschliessbaren Holzkästchen steht. An der Rückwand des Innenraumes sind Querbreter für die Gläser mit den Lösungen angebracht. Links in der Ecke steht der Filtrirapparat, rechts die Spritzflasche zum Abspülen des Negativs. Ausserhalb des Dunkelraumes befindet sich ein zweites Waschbecken mit Aufsatz zur Ausführung derjenigen Manipulationen, welche im Lichte vorgenommen werden dürfen. Sowol das Ende des äusseren, wie das des inneren Wasserrohres sind mit kleinen abschraubbaren Brausen zum Abspülen der Platten versehen. Das Uebergiessen der gereinigten Platten mit Jodkollodium und der Fixirungsprozess werden ausserhalb des Kastens vorgenommen, indem einerseits die daselbst zuerst vorzunehmende Uebergiessung der Glasplatten mit

Kollodium vor der lästigen Einwirkung der Aetherdämpfe schützt, andererseits die räumliche Trennung des unterschwefligsauern Natrons vom Silberbade die Reinhaltung des letzteren garantirt.

Ist ein geeignetes für chemisch wirksame Strahlen undurchdringliches Glas für das erwähnte Schiebfenster nicht zu finden, so dürfte folgende Beleuchtungsmethode, da nicht jedes gelbe Glas für aktinische Strahlen undurchdringlich ist, zur Erhellung des Laboratoriums am geeignetsten sich erweisen. Man nehme einen gewöhnlichen Bunsenschen Brenner (Fig. 117), an welchem, mit einem Platindraht *b* ein Schiffchen *c* aus Platinnetz so befestigt ist, dass es ungefähr $^1/_3$ der Flammenhöhe von der Mündung des Brenners absteht. In dieses Schiffchen bringe man ein erbsengrosses Stückchen Kochsalz, um damit der farblosen Flamme eine gleichmässig gelbe Färbung zu verleihen, welche sich so lange erhalten wird, als noch Spuren von Kochsalz in der Flamme verdunsten. Verliert die letztere ihre Leuchtkraft, so muss weiteres Kochsalz in das Schiffchen gebracht werden. Die Flamme leuchtet intensiv gelb ohne eine störende chemische Wirkung auf die präparirte Jodsilberplatte zu veranlassen.

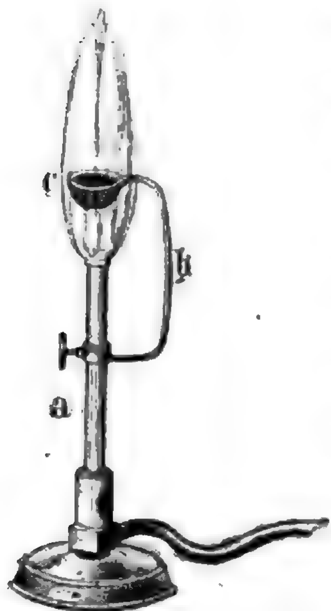


Fig. 117. Natriumlicht.

Es giebt verschiedene Vorrichtungen, das Dunkelzimmer entbehrlich zu machen. Die meisten beruhen auf kleinen Kasten, die oben durch ein gelbes Fenster geschlossen werden und bei welchen der Operateur durch seitliche Oeffnungen die Arme einschiebt, um durch das gelbe Glas hindurch seine Operationen von oben beobachten zu können. Da solche Apparate sich als unpraktisch erwiesen haben, können wir deren genauere Schilderung übergehen.

Zu Aufnahmen im Freien sind noch die photographischen Reisezelte und Reisewagen erwähnenswerth. Dieselben sollen möglichst kompendiös zum Zusammenlegen eingerichtet sein. Fig. 118. zeigt die Einzelheiten eines solchen Zeltes: Bei *O O O* befinden sich Befestigungspunkte der Tischplatte, in welche bei *B* ein Silberbadständer, bei *E* ein Wasserbehälter mit Schlauch *R* und bei *K* ein Plattengestell angebracht sind. In südlichen Klimaten ist es rathsam, das Zelt, um es kühl zu halten, fleissig von aussen mit Wasser bespritzen zu lassen. — Auch kann man statt eines Zeltes mit Vortheil den erwähnten Reisewagen gleichsam als ein wanderndes Atelier benutzen, wie solches im Feldzuge 1870/71 von Seiten der photographischen Abtheilung des preussischen

Generalstabes geschah, worauf wir später noch, ebenso wie auf die Anwendung präparirter Trockenplatten und automatischer Kassetten, eingehender zurückkommen werden. Im Nothfalle kann übrigens jeder verdunkelte Raum auf Reisen zum Präpariren der Platten dienen, falls sich ein solcher lichtdicht verschliessen lässt. Die künstliche Beleuchtung möge in solchem Falle im Lichte einer kleinen Laterne mit gelber Glaswand, oder einem einfachen, mattbrennenden Talglichte bestehen.

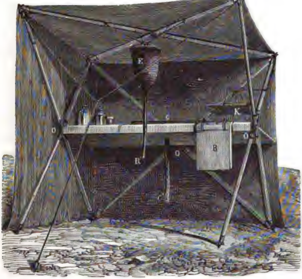



Fig. 118. Reisezelt.

Arbeitet man mit sehr empfindlichen Chemikalien, so stelle man noch eine gelbe oder rothe Glasscheibe vor das Licht, damit jeder chemisch wirksame Strahl, welcher von der schwachen Lichtquelle ausgehen könnte, absorbirt werde.

### 4. Einstellen des Bildes. Optischer und chemischer Focus.

Ist das Laboratorium in bezeichneter Weise mit dem Nöthigsten eingerichtet, so kann die photographische Aufnahme von statten gehen. Bei allen bezüglichen Thätigkeiten, sei es zu landschaftlichen oder zu reproduktionellen Zwecken, sei es zum mikroskopischen Studium oder zur photographischen Abbildung der Gestirne, sowie bei Aufzeichnungen meteorologischer Erscheinungen oder bei der Photographie des



Digitized by Google

Sonnenspektrums, überhaupt bei jeder photographischen Arbeit, muss das Einstellen eines reellen Bildes auf der matten Scheibe des Apparates vorangehen.

Ist der darzustellende Gegenstand in Augenschein genommen, so wird der Apparat nach demselben gerichtet; die Entfernung des letzteren von dem Objekte ist von der gewünschten Grösse des Bildes abhängig. Soll ein verhältnissmässig grosses Bild dargestellt werden, so muss der Apparat genähert und die Camera weit ausgezogen, soll eine kleinere Abbildung erzielt werden, so muss der Apparat weiter entfernt und die Camera zusammengeschoben werden. Bei weiter Entfernung eines Gegenstandes verkürzt sich, in der Nähe verlängert sich die Camera. An den meisten Cameras können zwei Verschiebungen, die eine durch die Mikrometerschraube, die zweite durch Ausziehen des Kastens bewerkstelligt werden. Scharfes Einstellen wird durch Anwendung einer Lupe erzielt, welche in der Weise in eine Röhre gefasst ist, dass bei dem Aufstellen der Röhre auf die matte Scheibe der Focus der Lupe die Scheibe genau trifft. Von hoher Wichtigkeit für das scharfe Einstellen ist der möglichst glatte Schliff der matten Scheibe, und sind zu diesem Zwecke mattgeätzte Spiegelscheiben am empfehlenswerthesten.

Wird das Bild während des Vorschiebens der Camera auf der matten Scheibe sichtbar, so wird unter Einhüllung des Hauptes mittels eines dunkeln lichtdichten Tuches so lange an der Mikrometerschraube des Objektivs hin- und hergeschraubt, bis die einzelnen Theile des Objektes mit tadelloser Schärfe auf der matten Scheibe erscheinen. Für mikrophotographische Zwecke werden wir an geeigneter Stelle eine besondere Einstellungsmethode angeben.

Ist das gewünschte Bild scharf eingestellt, so ist die Garantie für das Gelingen der Aufnahmen in Beziehung auf Schärfe noch nicht für alle, besonders die älteren Objektive, gesichert. Wir haben gezeigt, dass das Sonnenlicht aus einer Anzahl verschiedenfarbiger und verschiedenartiger Strahlen zusammengesetzt ist. Die beiden Gruppen, die leuchtenden und wärmenden, sowie andererseits die dunkeln und chemischen Strahlen haben ein ungleiches Brechungsvermögen. Es entsteht dadurch für letztere ein besonderer Brennpunkt, der chemische Focus, dem der optische oder leuchtende Focus entgegengesetzt ist, woraus die s. g. Focusdifferenz resultirt. Bei den meisten neueren Objektiven ist diese Anomalie durch die vervollkommnete achromatische Zusammenstellung der Linsen wohl beseitigt; ist aber Letzteres im Bau der Objektive nicht begründet, so hat man für Aufhebung der Differenz vor einer jeden photographischen Aufnahme Sorge zu tragen.

Alle Vorrichtungen, welche zu diesem Zwecke erdacht worden, sind aus dem nahe liegenden Gedanken hervorgegangen, eine Reihe verschiedener kleiner hinter einander aufgestellter Objekte, die sich nicht gegenseitig decken, neben einander zu photographiren.

Man bezeichnet z. B. verschiedene Kärtchen (Fig. 119) mit Zahlen von I bis X und befestigt solche hinter einander; stellt man nun No. V scharf ein, so wird, wenn solches im Negativ nach der Aufnahme scharf erscheint, keine Focusdifferenz statthaben; erscheint aber No. V verschwommen und No. VI genügend scharf, so bezeichne man sich den Stand des Objektivs während der Aufnahme. Hierauf stelle man diejenige Nummer, welche im Negativ scharf gekommen war, in unserem Beispiele No. VI, auf der matten Scheibe scharf ein und mache wieder ein Zeichen an der Objektivröhre. Der Raum zwischen den beiden Zeichen ist die Focusdifferenz für die jeweilige Aufnahme. Hat man demnach ein Bild auf der matten Scheibe bei Benutzung eines älteren Objektivs scharf eingestellt und sich von der Focusdifferenz vorher überzeugt, so muss vor der Aufnahme an der Mikrometerschraube, der kleinen Differenz entsprechend, ein wenig vor- oder zurückgeschraubt werden.

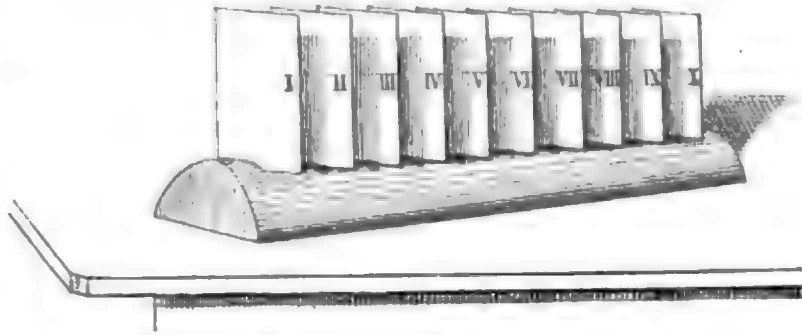


Fig. 119. Bestimmung des chemischen Fokus.

### 5. DIE PHOTOGRAPHISCHE AUFNAHME.

#### ERSTE OPERATION.
#### REINIGUNG DER GLASPLATTEN.

Die Glasplatten zur Photographie sind sorgfältigst auszuwählen, da eine körnige oder geritzte Oberfläche eine unregelmässige Einwirkung der Chemikalien zur Folge hat. Nachdem die Ränder der Platte mit einer Mineralfeile, oder auf einem Sandsteine, etwas abgeschliffen sind, lege man dieselbe auf einige Stunden in verdünnte Salzsäure, reinige sie hierauf durch andauerndes Aufgiessen von Wasser, spanne sie in das Putzbret ein (Fig. 120) und reibe sie mittels eines in feines Linnen eingewickelten Baumwollebällchens, welches man vorher mit einer Mischung von Tripelpulver, Weingeist und Ammoniak reichlich durchtränkt hat, sorgfältig ab. Ist die Platte vollkommen trocken gerieben, so halte man das Glas schräg und hauche darüber; zeigen sich in dem aus dem Hauche auf das Glas niedergeschlagenen Dunste

weder Punkte noch Streifen, so erfolgt sofort die Politur der Platte, welche am besten mittels alten braungewordenen Kollodiums und eines feinen Lederbällchens vorgenommen wird. Bei allen Manipulationen achte man besonders auf die Reinheit der Tücher und Lederbällchen, lege solche nie auf den Tisch, sondern hänge dieselben immer frei auf und wasche sie nach jedesmaligem Gebrauche sorgfältig aus. Das Putzen der Platten soll mit einer raschen und leichten Bewegung vor sich gehen, etwa wie die Politur des Holzes von Seiten der Schreiner. Man putze womöglich mehrere Platten zugleich und lasse dieselben vor dem Gebrauche einige Zeit stehen, da sie, wenn frisch abgerieben, elektrisch werden und kleine Staubtheilchen aus der Luft anziehen, welche vor dem Gebrauche mittels eines feinen, breiten Haarpinsels entfernt werden müssen. Um das Haften des Kollodiumhäutchens zu befördern, ist es rathsam, die geputzte Platte mit einer sehr dünnen Eiweissschicht zu überziehen. Man senke zu diesem Behufe die Platte in frisches reines Wasser, aus dem man sie mit einem pneumatischen Halter (Fig. 121) heraushebt und übergiesse die noch feuchte Platte mit folgender Lösung:

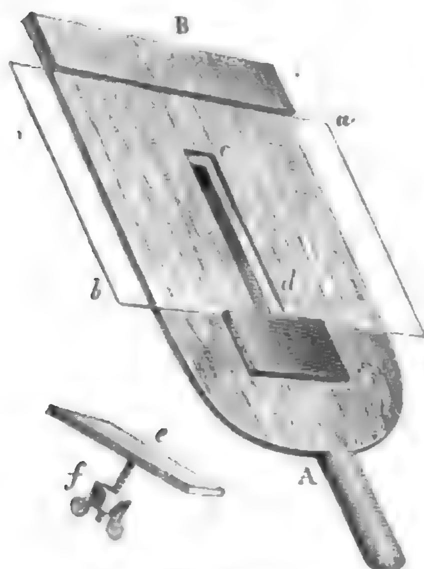


Fig. 120. Putzbret.

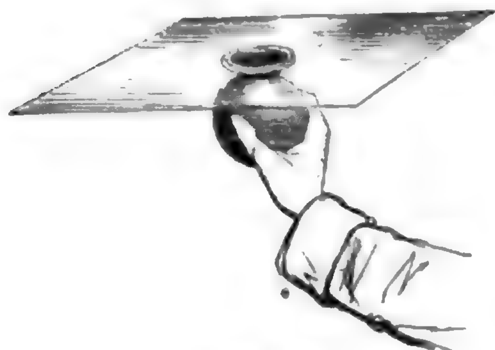


Fig. 121.

| | | |
|---|---|---|
| Frischgeschlagenes Eiweiss | 25 | Gramm |
| Destillirtes Wasser . . | 800 | „ |
| Eisessig . . . . . | 10 | Tropfen |
| Jodkali . . . . . . . | 0,50 | Gramm |

Man bezeichne die nicht albuminirte Seite der Platte an einer Ecke mittels eines Diamantstriches. Es ist rathsam, derartige albuminirte Platten in grösserem Vorrathe anzufertigen.

### ZWEITE OPERATION.
### KOLLODIONIRUNG DER GLASPLATTEN.

Man nehme die vollkommen gereinigte oder albuminirte Glasplätte an einer Ecke, z. B. bei *A* (Fig. 122) zur Hand, giesse bei *B* das Kollodium auf und lasse es durch Neigung der Platte nach verschiedenen Seiten hin abfliessen. Da es sehr wichtig ist, eine gleichmässige Schicht zu erhalten, so möge sich der Anfänger besonders im Uebergiessen und Kollodioniren der Platten einüben. Ist das Kollodium gleichmässig

verbreitet, so lasse man den Ueberschuss mit oscillirender Drehbewegung in ein zu diesem Zwecke bereit gehaltenes Glas fliessen, aus welchem man später die angesammelte Flüssigkeit in die beschriebene Klärungsflasche (Fig. 114) zurückgiesse. Der Abfluss des Kollodiums von der Glasplatte in das Glas hat immer an einer Ecke zu geschehen, wie solches aus Fig. 123 ersichtlich ist. Das Kollodium soll nicht auf die Rückseite der Platte fliessen, damit das Silberbad nicht verunreinigt werde. Bei grossen Platten empfehlen wir dem noch Ungeübten den Fig. 121 abgebildeten pneumatischen Halter, welcher in der Mitte der Platte aufzusetzen ist. Nach der Uebergiessung warte man, bis das Kollodium sich an der unteren Ecke butterartig anfühlt und schreite zur dritten Operation, der Sensibilisirung der Platte.

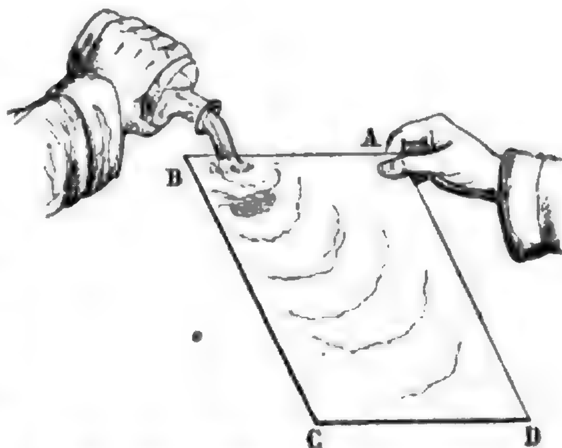


Fig. 122. Aufgiessen des Kollodiums.

DRITTE OPERATION.
EINTAUCHEN IN DAS SILBERBAD.

Um die Platte lichtempfindlich zu machen, lasse man dieselbe behutsam aber möglichst rasch in das Silberbad gleiten. Bei einer Stehcüvette geschieht dies vermittels eines Glas- oder Guttaperchahakens (Fig. 124), bei flachen Schalen, die wir, wegen der Uebersichtlichkeit des Vorganges, vorziehen, durch Eintauchen mit einem Silber- oder Fischbeinstäbchen. Bei Anwendung letzterer Methode stelle man die Platte mit der einen Kante in das Silberbad (Fig. 125) und lasse beim Aufheben der Schale mit der linken Hand *A* die Platte durch die rechte Hand *B* mittels Häkchens in das Bad gleiten. Im Momente, in welchem sich die Platte dem Boden der Schale nähert, bringe man die gehobene Schale aus der schiefen Lage wieder in die horizontale, so dass die Silberlösung gleichmässig über die Kollodiumschicht hinfliesse; das Häkchen lasse man im Bade unter der Lösung stehen und hebe nach circa $1^1/_2$ bis 2 Minuten die Platte in die Höhe. Dieselbe wird

Fig. 123. Abgiessen des Kollodiums.

nun eine milchweiss-bläuliche Färbung angenommen haben. Ist diese Färbung vollkommen gleichmässig, ohne Streifen zu zeigen, so genügt die Sensibilisirung. Im anderen Falle, wenn die Platte eine ölige Streifung zeigt, muss solche noch länger im Bade verweilen; hat aber die Platte eine vollkommen gleichmässige milchglasartige Färbung angenommen, so beginnt die

### VIERTE OPERATION.

#### EXPOSITION DER PLATTE IN DER CAMERA.

Nachdem die Platte aus dem Silberbade genommen, halte man solche senkrecht, lasse sie abtropfen und lege sie, die präparirte Seite nach unten, in die Kassette, indem man diejenige Kante, nach welcher die Silberlösung abtropfte, gegen die Seite der Kassette richtet, welche in der Camera nach unten zu stehen kommen wird.

Fig. 124. Aufrechter Glastrog.

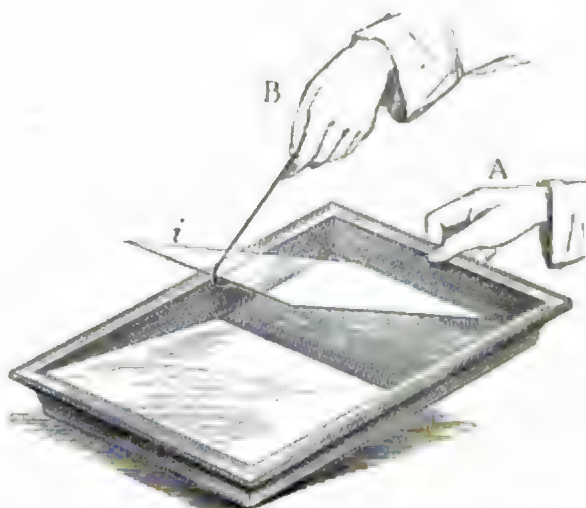



Fig. 125. Das Eintauchen der Glasplatte.

Es ist diese Vorsichtsmassregel sehr zu beachten, weil anderen Falls die Silberlösung zurückfliessen und Streifen oder Flecken im Bilde veranlassen würde; man schliesst die Kassette, nachdem man auf die Rückseite der Platte etwas Filtrirpapier aufgelegt hat. Ist die Kassette geschlossen, so schreite man sofort zur Aufnahme, entferne die matte Scheibe, setze die Kassette an deren Stelle, ziehe den Schieber empor und belichte.

Die Expositionszeit richtet sich nach der Kraft des Lichtes und muss der Erfahrung des Einzelnen anheimgestellt werden. Tageszeit und Jahreszeit, Flächen- oder Körpergestalt des aufzunehmenden Gegenstandes, sowie Färbung und Beleuchtung desselben, Bau und Material der Linsen sowie Grösse der Blendungen sind alle hier massgebend.

Man sorge hauptsächlich für die vollkommenste Ruhe im photographischen Aufnahmezimmer und beachte den Umstand, dass die Kassette bei dem Einschieben ihre Richtung nach unten beibehalte. Nach Aufziehen des Kassettenschiebers warte man kurze Zeit, ehe man den Deckel des Objektivs öffnet, um eine Garantie für die Ruhe des Apparates zu gewinnen. Eine normale Expositionszeit wird stets zwischen einigen Sekunden und einigen Minuten variiren, während grell beleuchtete Sonnenbilder nur Theile einer Sekunde beanspruchen dürfen. Eine zu kurze Expositionszeit giebt ein allzu schwaches und eine zu lange Expositionszeit ein graues allzu helles Bild.

Fig. 126. Entwickeln des Negativs.

Fig. 127. Abspülen des Bildes.

Es liegt dies in dem eigenthümlichen Verhalten der Silbersalze, dass die Eigenschaft des Bildes, sich beim Entwickeln zu schwärzen, bis zu einer gewissen Zeit der Beleuchtung zunimmt, über diese Zeit hinaus jedoch abnimmt. Man nennt diese eigenthümliche Erscheinung »*Solarisation*« und den richtigen Zeitpunkt der Exposition das »*photographische Maximum*«.

FÜNFTE OPERATION.
ENTWICKLUNG DES BILDES.

Glaubt man erfahrungsgemäss dieses Maximum erreicht zu haben, so schliesse man Objektivdeckel und Kassette, nehme letztere aus der Camera heraus und begebe sich zur Hervorrufung des Bildes in den

dunkeln Raum. Nach Oeffnung der Kassette und Herausnahme der Platte wird sich keine Spur eines Bildes zeigen; dasselbe ist latent. Man giesse nun den Entwickler von der oberen Kante der Platte über die Kollodiumschicht möglichst gleichmässig und zart auf und lasse, wie bei der Kollodionirung der Platte, nachdem das Bild entstanden ist, nach einer Ecke hin ablaufen (Fig. 126). Das Bild erscheint allmählich, und wiederhole man das Auf- und Abgiessen, bis man glaubt, bei gehöriger Transparenz der Platte genügend scharfe Details in Umrissen, Schwärzen und Halbschatten erhalten zu haben. Hierauf spüle man solche mit der Spritzflasche (Fig. 127) oder mit fliessendem Wasser fleissig ab, um alsdann die Schluss-Operationen vorzunehmen. Zeigt das Bild die geringsten Fehler oder Flecken, so stehe man von jeder Weiterbehandlung ab und mache eine neue Aufnahme.

SECHSTE OPERATION.
VERSTÄRKUNG DES BILDES.

In den meisten Fällen ist es von Vortheil, nach Abwaschen des hervorgerufenen Bildes dasselbe zu verstärken; um nun kräftigere Schatten, durch den Gegensatz intensivere Lichter zu erzielen, mischt man in einem kleinen Kelchgläschen einige Kubikcentimeter Pyrogallussäure oder Eisenvitriollösung mit einigen Tropfen Silberlösung. Man übergiesse mit dieser Mischung das gewonnene Bild, welches rasch nachdunkelt; sobald man die gewünschte Kraft erlangt hat, unterbricht man die Nachwirkung durch rasches Abspülen mit Wasser, um die

Fig. 128. Fixiren des Bildes.

SIEBENTE OPERATION,
FIXIREN DES NEGATIVES,

vorzunehmen. Letzteres geschieht am einfachsten dadurch, dass man die Platte, nachdem man sie auf der Rückseite durch Abwischen gereinigt hat, in eine Wanne mit Fixirungsflüssigkeit legt oder so lange mit

Digitized by Google

letzterer übergiesst, bis die letzten weisslichen Spuren von Jod- und Bromsilber gelöst sind (Fig. 128); ist dieses Stadium erreicht, so spült man die Platte auf beiden Seiten reichlich mit Wasser ab und stellt sie zum Trocknen auf reines Fliesspapier beiseite. Das Verstärken mittels Quecksilberchlorids nach dem Fixiren ist in seltenen Fällen von Nöthen und sollte, da es Härte in den Halbtönen hervorruft, nur bei linienartiger Reproduktion vorgenommen werden; aber auch in diesem Falle ist kräftig mit Wasser nachzuspülen, bevor man das Negativ trocknet, welche Thätigkeit die

ACHTE OPERATION,
DAS LACKIREN

des Bildes einleitet. Man trockne die Platte entweder an gelindem Ofenfeuer oder durch rasches Hin- und Herbewegen über einer Spiritusflamme, erhitze sie nicht zu stark, damit das Kollodiumhäutchen nicht einreisse und vergesse nicht, dass die Bildfläche stets nach oben gehalten werden muss. Ist die Flüssigkeit vollkommen verdunstet und die Platte so warm, dass der auf die Rückseite aufgelegte Finger die Wärme noch ertragen kann, so giesse man einen Lack, gerade wie das Kollodium auf und lasse das Ueberfliessende in das Glas zurück gelangen. Entstehen weissliche Stellen beim Lackiren, so erwärme man wiederholt vorsichtig und die Trübung wird verschwinden. Man stelle die Platte zum Trocknen beiseite, um sie später zum Positivprozess weiter zu verwenden.

### 6. PRÄPARATION VON TROCKENPLATTEN.

Der Negativprozess, wie wir ihn im vorigen Paragraphen geschildert haben, reicht zur Ausübung aller photographischen Aufgaben hin. Die Umständlichkeit der Beschaffung eines dunkeln Raumes einerseits, sowie das Mitführen der Chemikalien auf Reisen andererseits, hat vielfach zu dem Wunsche geführt, trockene Platten zur Aufnahme der Negative zu verwenden. Die nach oben geschilderter Weise angefertigten feuchten Negativ-Kollodiumplatten verlieren getrocknet an Lichtempfindlichkeit; es wurden daher mannichfache Konservirungsmethoden von den verschiedensten Forschern angegeben und fehlt in fast keiner Nummer einer photographischen Zeitschrift ein neuer bezüglicher Vorschlag. Die Methoden von Spiller und Crookes, Hardwich, Taupenot, England, Major Russel, Fothergill, Schnauss, Harnecker und vielen Anderen, sind darauf begründet, Tannin, Glycerin, Eiweiss, Gallussäure, gewisse Harze oder Zuckerstoffe zur Konservirung der empfindlichen Platten zu verwenden. Das einfachste bezügliche Verfahren, dasjenige des Major Russel, besteht in Folgendem:

Eine sauber gereinigte Glasplatte wird mit einer filtrirten Gelatinelösung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| I. | Destillirtes Wasser | 250 | Gramm |
| | Eisessig . . . | $^1/_2$ | „ |
| | Gelatine . . . | 3 | „ |
| II. | Alkohol . . . | 15 | „ |
| | Jodkadmium . | $0,_{15}$ | „ |
| | Bromkadmium . | $0,_{12}$ | „ |
| | Jod . . . . | $0,_{05}$ | „ |

überzogen. I. und II. sind separat zu fertigen und dann bei circa 70° C. zusammen zu giessen. Die mit dieser Lösung übergossene Platte wird an gelindem Feuer getrocknet, dann wie eine gewöhnliche zu kollodionirende Platte mit Jodkollodium überzogen, in das Silberbad getaucht, sensibilisirt, herausgenommen und fleissig mit destillirtem Wasser abgewaschen. Es ist gut, dieselbe nach dem Abwaschen noch $^1/_2$ Stunde in reines Wasser zu stellen und dann nochmals abzuspülen.

Man filtrire nun eine Lösung von

| | | |
|---|---|---|
| Destillirtem Wasser | 50 | Gramm, |
| Tannin . . . . | $2,_5$ | „ |

und setze $2,_5$ Gramm absoluten Alkohol hinzu. Mit dieser Lösung übergiesse man die sensibilisirte Platte mehrere Male und lasse sie an einem dunkeln Ort trocknen. Die auf diese Weise präparirten Platten halten sich längere Zeit. Die Expositionszeit dauert etwa dreimal so lange, wie bei dem feuchten Verfahren. Die Hervorrufung geschieht mittels Pyrogallussäure in Alkohol (6 Gramm auf 30 Gramm), nachdem die Platte kurze Zeit mit destillirtem Wasser angefeuchtet worden war. Verstärkung und Fixirung nimmt man nach der im vorigen Paragraphen geschilderten Methode vor. —

Ein weiteres sehr einfaches Trockenverfahren wurde von Schnauss angegeben, welcher statt der Tanninlösung zur Konservirung eine Abkochung von 30 Gramm Tafel-Rosinen auf 150 Gramm Wasser empfiehlt, im Uebrigen aber wie Russell verfährt. Will man eine trockene Platte bald nach der Präparation verwenden, so ist folgendes einfache von Kleffel veröffentlichte Verfahren sehr zu empfehlen. Man überziehe die Platten mit Kautschuklösung, 1 Theil Kautschuk auf 500 Theile Benzin, lasse diesen dünnen Lack antrocknen und übergiesse die Platte mit folgendem Kollodium:

| | | | |
|---|---|---|---|
| I. | Aether | 300 | Gramm, |
| | Alkohol | 100 | „ |
| | Kollodiumwolle | 7 | „ |

| | | |
|---|---|---|
| II. | Alkohol | 80 Gramm |
| | Bromkadmium | 6 „ |
| | Kolophonium | 1,25 „ |
| | Jodtinktur | 2 Tropfen. |
| III. | Silbernitrat | 2,25 Gramm, |
| | Destillirtes Wasser | 1,50 „ |
| | Alkohol | 2,50 „ |

Nachdem das Rohkollodium I. mit der Flüssigkeit II. jodobromirt ist, nimmt man davon 150 Gramm und giesst im Dunkeln unter Umschütteln die Silbermischung No. III. hinein, wärmt das Ganze und setzt erst im Kochen die $2^1/_2$ Gramm Alkohol zu.

Die mit diesem Kollodium überzogenen Platten lässt man einige Minuten in einer Wanne mit destillirtem Wasser und trocknet sie dann auf dem Trockengestell. Die aus der Kassette kommende exponirte Schicht senkt man auf 2 Minuten in ein Silberbad von 1:30, worauf man entwickelt, verstärkt und das gewonnene Bild durch Fixiren vollendet.

In neuester Zeit ist ein fertiges Jodkollodium unter dem Namen »Emulsionskollodium für Trockenplatten« gebräuchlich, womit man in bezeichneter Weise verfährt. Dasselbe bewahrt nach dem Trocknen der Platten noch mehrere Wochen seine Lichtempfindlichkeit.

## B. DAS ALBUMIN- UND PAPIER-VERFAHREN.

### 1. PRÄPARATION DER PLATTEN MIT ALBUMIN.

Dieses von Niepce de St. Victor erfundene Verfahren giebt sehr exakte Resultate in Zeichnung und Lichteffekten, ist aber auch um so schwieriger in der Handhabung und Ausführung. Für die Darstellung sehr feiner Einzelnheiten mikroskopischer Bilder ist die Albuminmethode hier und da geeignet, wesshalb wir nicht unterlassen wollen, solche in Kürze zu schildern. Man nehme eine Anzahl frischer Eier, trenne die Dotter vorsichtig vom Eiweiss, versetze dieses mit einigen Körnchen Jodkalium, schlage es zu Schaum und lasse es während der folgenden 24 Stunden zu einer klaren, später zu filtrirenden Flüssigkeit zergehen. Mit diesem flüssigen Albumin werden die Glasplatten überzogen. Um das Albumin ganz gleichmässig auf der Platte zur Vertheilung zu bringen, sind verschiedene Methoden in Anwendung gekommen. Am einfachsten ist die in Figur 129 dargestellte Vorrichtung. Die vorher angehauchte, dann mit dem Eiweiss begossene Platte *B* wird mit den 4 Ecken in 4 Draht- oder Seidenfäden *a a* in der Weise eingehängt, dass die Ecken in die 4 Oesen, wie eine solche in *D* in natürlicher Grösse ersichtlich ist, zu liegen kommen. Ueber einem gelinden Kohlenfeuer *A* werden die

bei *b* zusammengedrehten Fäden, welche bei *C* frei in der Luft gehalten werden, erwärmt. Wird die Drehung der Fäden bei *b* gelöst, so dass die Platte *B* in eine rotirende Bewegung geräth, so wird sich das Albumin gleichmässig auf der Platte vertheilen. Eine komplizirtere Einrichtung zur Erreichung des gleichen Zweckes haben wir in Figur 130 abgebildet. Hier wird die Drehung vermittels eines Drehgestelles vorgenommen und erklärt sich die Handhabung des Apparates aus der Zeichnung von selbst.

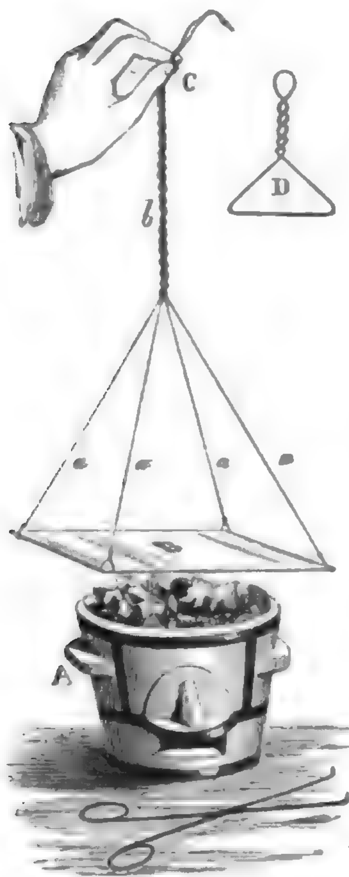


Fig. 129. Ueberziehen mit Albumin.

Die albuminirten Glasplatten werden in einem Silberbade von

| | | |
|---|---|---|
| destillirtem Wasser | 200 | Gramm |
| salpetersaurem Silberoxyd | 15 | ,, |
| Eisessigsäure | 20 | ,, |

wie die kollodionirten Negativplatten gesilbert, nach circa $^1/_2$ Minute aus dem Bade herausgenommen, tüchtig mit destillirtem Wasser abgewaschen und getrocknet. Die Expositionszeit dauert ziemlich lange und muss den Erfahrungen des Einzelnen überlassen bleiben. Beim Herausnehmen aus der Kassette ist schon ein schwaches Albuminsilberbild sichtbar, welches durch eine Lösung von $^1/_2$ Gramm Gallussäure in $^1/_2$ Liter Wasser mehr hervorgerufen wird. Diese Lösung wird in einer Stehcüvette auf einem Sand- oder Wasserbade zu 50° *C.* erwärmt und die Platte auf einige Stunden in die Lösung getaucht. Hierauf nimmt man solche heraus und legt sie in eine kalte Lösung von Gallussäure, der man einige Tropfen neutraler Silberlösung zugesetzt hat. Hier wird sich nun das Bild rasch kräftigen und nachdunkeln, um mit unterschwefligsaurem Natron fixirt zu werden.

### 2. DAS PAPIERVERFAHREN.

Diese Methode darf man mit dem später zu schildernden Chlorsilber-Kopirprozess nicht verwechseln. Es handelt sich nämlich hier um das von Talbot erfundene, von Le Gray verbesserte Negativverfahren (siehe Kapitel I S. 16) und geben wir die betreffende Schilderung, weil solche in fernen Gegenden, wegen schwieriger Anschaffung der Glasplatten eine wünschenswerthe Aushülfe bieten kann.

Das zu diesem Verfahren nothwendige Papier muss homogen, ziemlich dünn, sowie frei von allen Flecken, Pünktchen und Körnchen sein.

Man setze nun eine reine viereckige Porzellanschale in ein Wasserbad von Blech und schmelze in derselben mittels Spirituslampe etwas weisses Wachs, so dass das flüssige Wachs den Boden der Porzellanschale bedecke. Auf dieser Flüssigkeit lasse man ein Stück Papier von beliebiger Grösse so lange, etwa einige Sekunden, schwimmen, bis sich dasselbe mit Wachs angesaugt hat und durchsichtig geworden ist; es wird bei dem Herausnehmen sofort trocken sein. Das an dem Papier hängende überschüssige Wachs wird mittels eines warmen Bügeleisens in der Weise beseitigt, dass das Wachspapier zwischen einige Bogen schwedischen Fliesspapiers gelegt und einige Mal mit dem nicht allzu heissen Eisen überbügelt wird; das überschüssige zerfliessende Wachs wird von dem Papier aufgesaugt. Die Ueberbügelung kann auch mit einem durch aufgelegte brennende Kohlen heiss gemachten Blechlöffel vorgenommen werden.

Fig. 1[illegible]. Dreigestell zum Albuminiren der Glasplatten.

Allzu heisse Behandlung macht das in das Papier eingedrungene Wachs zum Theil wieder verdunsten, in welchem Falle die Prozedur von Neuem vorgenommen werden muss.

Das auf diese Weise präparirte Papier wird durch Eintauchen in eine jodirte Abkochung von Reis und Milchzucker empfindlich gemacht und mit salpetersaurem Silberoxyd sensibilisirt.

Man nehme:

| | | |
|---|---|---|
| destillirten Wasser | 1500 Kubikcentimeter |
| Reis | 600 Gramm |

und versetze die filtrirte Abkochung, nachdem sie ganz klar geworden, mit:

destillirtem Wasser 500 Kubikcentimeter
Milchzucker 25 Gramm
Jodkalium 8 „

Das Papier hat mindestens zwei Stunden in der Mischung zu verweilen, da das Fett die Lösung nur sehr allmählich in sich aufnimmt; eine durch Reaktion des Jod auf die vorhandene Stärke entstehende violette Färbung wird im Silberbad infolge der grösseren chemischen Affinität des Jod zum Silbersalze wieder verschwinden. Das Papier wird durch Aufhängen an Klammern getrocknet. (Fig. 131).

Das zur Sensibilisirung gebräuchliche Silberbad besteht aus:

destillirtem Wasser 500 Kubikcentimeter
salpetersaurem Silberoxyd 30 Gramm
Eisessig 30 „

In diese Lösung taucht man das Papier auf fünf Minuten mittels eines gebogenen Glasstabes unter. Nach dem Herausnehmen wird das sensibilisirte Papier tüchtig und wiederholt in Regenwasser abgewaschen, zwischen Löschpapier getrocknet, noch etwas feucht vor der Exposition zwischen zwei Glasplatten gepresst und mit diesen in die Kassette gelegt; selbstverständlich muss bei all diesen Manipulationen alles wirksame Licht vermieden werden. Die Expositionsdauer variirt zwischen 5 bis 15 Minuten, je nach der Kraft der Beleuchtung. Die Hervorrufung geschieht mittels Gallussäure: 100 Gramm Gallussäure werden in 500 Gramm warmen Alkohols gelöst, filtrirt und mit 5 Gramm Eisessig versetzt. Von dieser alkoholischen Lösung, welche sich lange aufbewahren lässt, nehme man 4 Kubikcentimeter auf 1 Liter destillirten Wassers, nebst 1 Kubikcentimeter obiger Silberlösung, tauche das exponirte Papier bei circa 30° C. ein und lasse es circa $^1/_2$ Stunde in der Entwicklungsflüssigkeit liegen; das Bild wird sich bei richtiger Expositionszeit hübsch entwickelt haben, um nach genügender $^1/_2$ Stunde andauernder Waschung mittels unterschwefligsauern Natrons fixirt und nochmals tüchtig ausgewaschen zu werden. Zeigen sich weisse Wachspunkte, so wird wiederholt zum Schluss mit einem warmen Eisen gebügelt. Will man das lichtempfindliche Wachspapier nicht vorräthig halten, sondern sogleich nach der Präparirung verwenden, so kann man

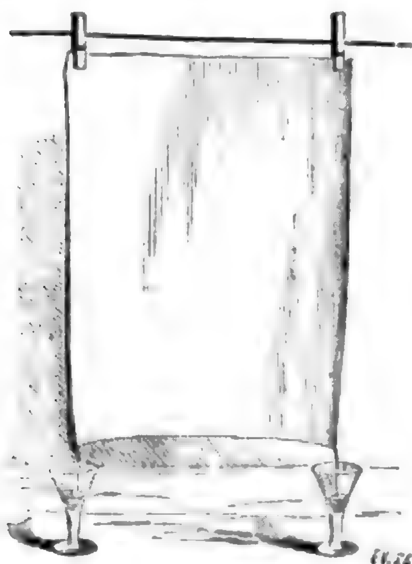


Fig. 131. Trocknen des Wachspapiers.

solches zu Anfang des Präparirens, vor der Wachsdurchtränkung, auf einer Lösung von

| | | |
|---|---|---|
| Jodammonium | 1 | Gramm |
| destillirtem Wasser | 100 | „ |

5 Minuten lang schwimmen lassen, in einem Bade von

| | | |
|---|---|---|
| destillirtem Wasser | 500 | Gramm |
| essigsauerem Silberoxyd | 40 | „ |
| essigsauerem Zinkoxyd | 15 | „ |
| Eisessigsäure | 15 | „ |

sensibilisiren und bei einer Expositionszeit von 3—30 Sekunden exponiren. Man entwickelt derartige Bilder, indem man sie auf einer konzentrirten Lösung von 100 Gramm Gallussäure, gemischt mit 3 Gramm einer konzentrirten essigsaueren Ammoniaklösung, einige Sekunden schwimmen lässt, mit unterschwefligsauerem Natron fixirt, das Bild fleissig mit Wasser behandelt, trocknet und dann erst nach obiger Methode mit Wachs durchtränkt.

## C. DIE KOPIRMETHODEN.

Alle photographischen Vervielfältigungsmethoden beruhen auf der Benutzung gewonnener Negative zur Darstellung positiver Bilder. Das durch ein Negativ, unter welchem ein präparirtes, lichtempfindliches Papier sich befindet, hindurchwirkende Licht wird auf der betreffenden Fläche ein Bild erzeugen, welches je nach dem Verhältniss der im Negativ vorhandenen Lichtabstufungen die helleren und dunkleren Schattirungen in umgekehrter Reihenfolge (Siehe S. 16) wiedergiebt und ein der Natur vollkommen entsprechendes Bild darstellt.

Die in neuerer Zeit gebräuchlichsten Methoden der Vervielfältigung photographischer Bilder kommen bei den Kopirprozessen mit Silbersalzen, bei dem Kohlendruckverfahren, der Photolithographie, dem unveränderlichen Lichtdrucke und der Heliographie zur Anwendung.

### 1. DIE CHLORSILBERKOPIEN AUF PAPIER.

Die zu diesem Prozess am häufigsten angewandten Papiere sind unter dem Namen Arrowroot- und Albuminpapiere bekannt; die Selbstanfertigung ist zwar einfach, wird aber bei der leichten Erwerbung der käuflichen Substanz fast nirgends mehr geübt. Die besten Rohpapiere, welche zu den betreffenden Fabrikaten benutzt werden, sind von Rives in Paris und Steinbach in Malmedy zu beziehen. Genannte Fabrikate haben ein sehr feines Korn und eine zarte, glatte Oberfläche, dabei ein sehr festes Gefüge, was sie besonders zu photographischen Operationen geeignet macht. Derartige Papiere werden theils durch Bestreichen

mit feiner Stärkelösung (Arrowrootwurzel-Mehl) zu mattem Papier, theils durch Bepinseln mit Eiweisslösung zu glänzendem Papier verarbeitet, hierauf mit einer Kochsalzlösung getränkt und in solcher Beschaffenheit in den Handel gebracht.

Um das gesalzene Papier lichtempfindlich zu machen, muss dasselbe mit Silberlösung imprägnirt werden, was immer kurze Zeit vor dem Gebrauche geschehen soll. Man hat das Papier zu diesem Zwecke circa 5 Minuten lang auf einer Lösung von

| | | |
|---|---|---|
| salpetersauerem Silberoxyd | 15 | Gramm |
| destillirtem Wasser | 120 | ,, |

schwimmen zu lassen, fasst es, wie Fig. 132 zeigt, an den zwei Enden an und lässt es mit besonderer Vorsicht von der Mitte aus auf das Bad gleiten, um Luftbläschen, die sich leicht zwischen Papierfläche und Flüssigkeit ansammeln, zu vermeiden. — Zum Trocknen hängt man das Papier mit Klammern an einer Schnur auf; die getrockneten, fertig präparirten Papiere werden in einem verschliessbaren Kästchen gesammelt, und halten sich im Dunkeln mehrere Tage. In neuerer Zeit sind haltbare, mit Silberlösung und Citronensäure bestrichene, schon fertig präparirte lichtempfindliche Papiere käuflich zu haben, bei welchen die Operationen des Kopirens, in gleicher Weise wie bei den oben erwähnten Fabrikaten, folgendermassen sich an einander reihen.

Fig. 132. Silberung des photographischen Papiers.

ERSTE OPERATION.
DAS EINLEGEN DES PAPIERS.

Man öffne den Kopirrahmen, bringe das Bret *H I* Fig. 133 in die Höhe und lege die Glasseite des Negativs auf die Spiegelplatte *B*; auf die nach oben liegende Bildseite füge man das Chlorsilberpapier mit der präparirten Seite nach unten, so dass die präparirte Papierfläche und die Bildseite des Negativs sich innig berühren; über das Chlorsilberpapier breite man einen zusammengelegten Fliesspapierbogen, worauf der Deckel *H I* mittels der Klammern *A A A* bei *C C C* angedrückt wird.

Das Chlorsilberpapier wird nun, dem Lichte ausgesetzt, sich allmählich, vom Chokoladebraun beginnend, violett, purpurblau und braunschwarz färben; das Negativ lässt an seinen helleren Stellen das Licht passiren und kann man durch zeitweiliges Aufheben eines Bretflügels die Lichtwirkung leicht kontroliren; um eine genügende Wirkung zu erlangen, muss das Bild etwas dunkler werden, als man es am Ende des ganzen Prozesses zu haben wünscht, weil es bei den späteren Prozeduren wieder an Intensität verliert. Man hüte sich frisch gefirnisste Negative dem direkten Sonnenlichte auszusetzen; solche kleben durch die Wirkung der Wärme an das Papier und werden leicht Ursache der Zerstörung für die Bildschicht. Ist das Bild genügend belichtet, so folgt die

ZWEITE OPERATION.
DER TONUNGSPROZESS.

Das Bild wird aus dem Kopirrahmen herausgenommen und in eine Schale mit destillirtem Wasser gelegt, um das unreduzirte Silbernitrat auszuziehen; es geschieht dies gewöhnlich mit einer grösseren Anzahl von Abdrücken zugleich: das Waschwasser muss 3—4 mal gewechselt werden, um auch die letzte Spur von Silbernitrat zu entfernen und genügt dieser Wasserwechsel, wenn zu einem kleinen Quantum des Waschwassers in einem Reagensgläschen einige Tropfen Kochsalzlösung gemischt werden und kein weisser Niederschlag mehr entsteht.

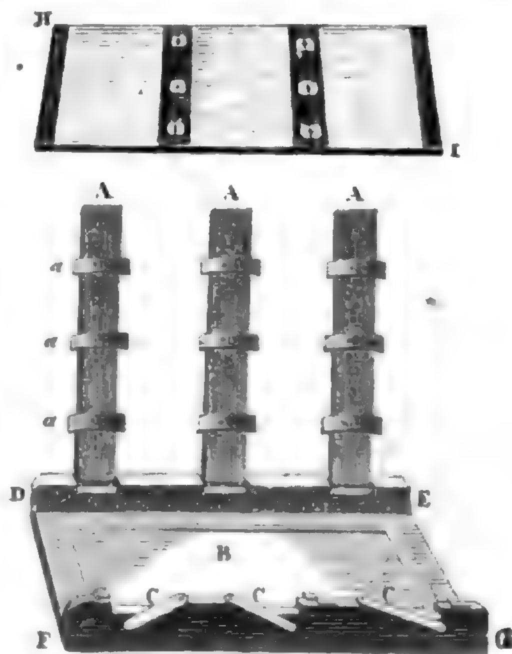


Fig. 133. Kopirrahmen.

Um den Photographien einen angenehmen Ton zu verleihen, werden dieselben in das Färbungsbad gelegt. Diese Operation kann in einem durch mattes Tageslicht erleuchteten Raume vorgenommen werden und besteht die Färbung oder »Tonung« der Bilder in einer Substitution der oberflächlichen Silberschicht des Bildes durch eine metallische Goldablagerung. Die Lösung, aus welcher das Gold sich abscheidet, besteht aus 1 Theil Chlorgold ($AuCl_3$) und 50 Theilen destillirten Wassers.

Man nehme zu dem stets frisch zu bereitenden Goldbade:

3 Kubikcentimeter Chlorgoldlösung
3 Kubikcentimeter einer Lösung von krystallisirtem doppeltkohlensauerem Natron (1 : 50)
200 Kubikcentimeter Wasser.

Diese Mischung ist $^1/_2$ Stunde nach dem Ansetzen zu filtriren, und sofort zu benutzen.

Die Operation beruht darauf, dass man die ausgewaschenen Bilder, die Bildseite nach oben, in die in einer flachen Schale befindliche Lösung eintaucht und die Farbenveränderung kontrolirt. Die Bilder nehmen bald nach dem Eintauchen einen violetten, bis dunkelblauen, ins Graublaue spielenden Ton an und wird das Bild, sobald der gewünschte Ton erreicht ist, herausgenommen und in eine bereit stehende Schale mit destillirtem Wasser gelegt. Will man sich keine Normalgoldlösung vorräthig halten, so ist eine einfachere, aber theuere Manipulation, käufliches Chlorgoldnatrium (Goldsalz) in destillirtem Wasser mit einem geringen Zusatze von doppeltkohlensauerem Natron aufzulösen und mit dieser wässerigen Lösung zu tonen. Diese Lösung muss jedesmal frisch angesetzt werden und nehme man dazu:

30 Centigramm käufliches Goldsalz (Chlorgoldnatrium),
250 Kubikcentimeter destillirtes Wasser und
5 Centigramm doppeltkohlensaueres Natron.

Der Anwenduug dieser Lösung und einem abermaligen Wasserbade der getonten Bilder folgt die

DRITTE OPERATION,
DER FIXIRUNGSPROZESS.

Man löse in einer Schale

1 Theil unterschwefligsaures Natron in
4 Theilen destillirtem Wasser,

in welcher Flüssigkeit die Bilder klarer werden und einen helleren Ton annehmen. Die Photographien sollen ca. 5 Minuten in dieser Lösung verweilen, um von hier aus in das Hauptwasserbad zu gelangen. Es ist von der grössten Wichtigkeit, durch Stunden lang fortgesetzte Waschungen das in das Papier eingedrungene unterschwefligsauere Natron wieder zu entfernen, da ein Zurückbleiben desselben in der feinen Textur des Papiers allmählich das Bild zerstören würde. Zum Ausziehen des Natronsalzes muss das Wasser bewegt und öfters erneuert werden.

Man lasse daher eine mit einem Hahne versehene Röhre in den Waschtrog münden, durch welche so viel Wasser einströmt, als aus einer an der Seite des Gefässes befindlichen Oeffnung wieder abläuft. Das Zulaufrohr muss so gerichtet werden, dass durch den Wasserstrahl die Bilder in eine rotirende Bewegung gerathen. Man nehme die Auswaschung des Bildes des Abends vor, um solche über Nacht im Wasser zu lassen und den andern Morgen die Schlussoperationen, das Trocknen und Pressen vorzunehmen. Ist die Einrichtung einer Wasserleitung nicht

vorhanden, so muss das natronhaltige Wasser oft gewechselt und anfänglich jedes Bild mittels einer mit Brause versehenen Giesskanne mehrere Male berieselt werden. — Um sich von der genügenden Auswaschung zu überzeugen, ist eines der Bilder in destilliertes Wasser zu tauchen und zu diesem Wasser in einem Reagensglase etwas Quecksilberchloridlösung zu giessen. Zeigt sich kein Niederschlag, so ist das Bild genügend ausgewaschen. Eine weitere sehr feine Reaktion entsteht durch Eintropfen einer Eisenchloridlösung zu dem benutzten Wasser. Ist noch eine Spur von unterschwefligsaurem Salze vorhanden, so entsteht sofort eine purpurrothe Färbung der Flüssigkeit.

Die gewaschenen Bilder trockne man zwischen Fliesspapieren, klebe sie mittels frisch gekochten, nicht sauer reagirenden Kleisters auf und ziehe sie, um ihnen die gehörige Nettigkeit zu verleihen, durch eine Glätt- oder Satiniermaschine (Fig. 134), welche Apparate auch nach kleineren Modellen angefertigt werden. — Man lege die vollkommen trockenen Bilder, die Bildseite nach unten, auf die Stahlplatte a der Maschine und lasse sie langsam zweimal unter dem Rollcylinder E durchgleiten. Nach vollendetem Walzen ist das Chlorsilberbild fertig. In Bezug auf die Anfertigung und Anwendung von Kollodiumpapier und anderen lichtempfindlichen Silberpapieren verweisen wir auf die speziellen Handbücher der Photographie.

Fig. 134. Satiniermaschine mit Rollcylinder.

### 3. DIE POSITIVEN KOPIEN AUF GLASPLATTEN.

Eine sehr dankenswerthe Anwendung der Photographie ist in der neuesten Zeit auf transparente Projektionsbilder für Unterrichtszwecke gemacht worden; wir werden auf diesen interessanten Gegenstand in

einem späteren Abschnitte zurückkommen. Derartige Abbildungen sowie die meisten Kopien nach der Natur aufgenommener stereoskopischer Ansichten werden auf Glasplatten ausgeführt, und sind zu diesem Behufe drei Methoden der Darstellung nennenswerth, diejenigen auf Kollodium- und Albuminschichten und diejenige auf Gelatine. Will man nur *ein* derartiges Transparentbild darstellen, so ist es das einfachste, das Negativbild in ein durch Stellschrauben und Stäbchen (Fig. 135 *a*) in seiner Grösse veränderliches Rähmchen einzuspannen, dasselbe gegen ein Fenster oder einen reflektirenden Planspiegel zu stellen, und es in beliebiger Grösse mittels eines gewöhnlichen photographischen Objektivs aufzunehmen. Will man die natürliche Grösse des Negativs erreichen, so muss die Länge der Camera gleich der doppelten Brennweite des Objektivs sein und wird das nach dieser Methode dargestellte Glaspositiv allen Anforderungen entsprechen.

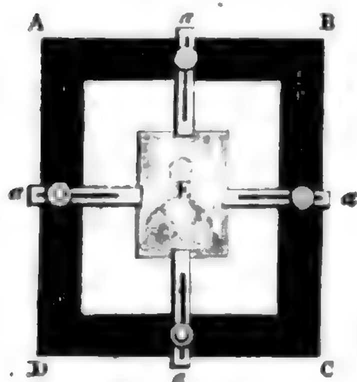


Fig. 135.

Will man aber mehrere transparente Kopien von einem Negativ erhalten, so benutze man das seit einigen Jahren mit Erfolg angewandte Chlorsilberkollodium.

Man verwendet zwei derartige Sorten:

1. Sorte:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Rohkollodium | 250 | Gramm | *a* |
| Chlormagnesium | 2,5 | „ | *a* |
| Silbernitrat | 50 | „ | *b* |
| Destillirtes Wasser | 5,8 | „ | *b* |
| Alkohol 40° | 8 | „ | *b* |

*a* und *b* werden im Dunkeln gemischt und tüchtig geschüttelt; während des Schüttelns setzt man hinzu

| | | |
|---|---|---|
| Acidum citricum | 2 | Gramm |
| destillirtes Wasser | 4 | „ |
| Alkohol | 4 | „ |

und filtrirt.

2. Sorte:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Rohkollodium | 310 | Gramm | *a* |
| Chlormagnesium | 1,8 | „ | *a* |
| Silbernitrat | 8 | „ | *b* |
| destillirtes Wasser | 5 | „ | *b* |
| Alkohol 4° | 8 | „ | *b* |

*a* und *b* werden, wie bei der ersten Sorte gemischt und obige citronensaure Lösung zugegossen. Nach einigen Tagen kann man beide Kollodien in folgender Weise in Gebrauch nehmen.

Es werden nämlich die Glasplatten mit einer Mischung von gleichen Theilen Albumin und Wasser mittels eines Glasstabes überzogen und getrocknet, hierauf mit dem Kollodium obiger ersten Sorte übergossen und nach abermaligem Trocknen mit dem obigen Kollodium zweiter Sorte bedeckt und wieder getrocknet. Man exponirt unter einem Negativ wie bei dem Papier-Kopir-Prozess. Nach sehr kurzer Zeit kommt ein sehr kräftiges Bild zum Vorschein, welches wie ein Papierbild vergoldet und fixirt wird. Statt des Goldchlorides kann hier das billigere Platinchlorid Verwendung finden. Ueber die Darstellungsmethode der Gelatine- und Kohletransparentbilder werden wir in einem der nachfolgenden Paragraphen eingehender berichten.

### 3. KOPIRPROZESSE MIT VERSCHIEDENEN METALLSALZEN. FARBIGE KOPIEN.

Zahlreiche Methoden wurden, neben dem Silberdruckprozess, mittels Eisen-, Mangan-, Uran-, Quecksilber-, Kupfer-, Platina- und Goldsalzen, welche Stoffe farbige Bilder in verschiedensten Abstufungen liefern, versucht. Dieselben haben jedoch bis jetzt keine praktische Verwendung gefunden, obwol deren Anwendungsweise, wie unsere Tafel XI beweist, durchaus nicht zu unterschätzen ist.

Wird ein mit Eisenchlorid getränktes Papier unter einem Negativ belichtet, so entsteht ein schwaches Bild, welches aus Eisenchlorür besteht und durch Behandlung mit Ferridcyankalium in ein blaues Bild sich verwandeln lässt, während durch Behandlung mit Chlorgold ein purpurfarbenes, durch Behandlung mit Quecksilbersalzen ein graues Bild entstehen würde. Die kleinen blauen Photographien, welche in unsere Tafel XI eingefügt sind, bestehen aus chemisch reinem Berliner Blau ($Fe_2Cy_6 + 3Fe$) und ist die Darstellung derselben eine sehr einfache, indem das unbelichtete, mit Eisensalzen getränkte Papier unter einem Negativ kurze Zeit dem Lichte ausgesetzt und nur mittels reinen kalten Wassers hervorgerufen wird. Derartiges Papier ist unter dem Namen »Papier Ferro-Prussiate« von Marion & Géry, Cité Bergère 14, in Paris zu beziehen.

Die Uranoxydsalze sind zur praktischen Anwendung weniger geeignet; ein mit diesen Stoffen getränktes Papier färbt sich im Lichte schwach grün; durch Behandlung mit Silber oder Quecksilbersalzen entsteht ein tief braunes Bild, während rothe Bilder durch Eintauchen einer Urannitratphotographie in Blutlaugensalzlösung, grüne Bilder durch Behandlung mit Chlorgold, violette Bilder durch Behandlung mit Ferridcyankalium und Oxalsäure entstehen.

Die brauchbarsten farbigen Kopien erzielt man mit dem Pigmentverfahren, welches seit einigen Jahren einen bedeutenden Umschwung in der photographischen Praxis hervorgebracht hat.

### 4. DIE PIGMENTDRUCKPROZESSE.

Diese Kopirmethoden beruhen auf dem Verhalten verschiedenartiger durch das Licht reduzirbarer Gemenge von chromsauern Salzen mit organischen Substanzen und Farbstoffen. Hauptsächlich wegen der Unveränderlichkeit und Beständigkeit der gewonnenen Bilder, sowie in zweiter Linie wegen der Möglichkeit, dem Bilde verschiedene Farbentöne zu verleihen, ist der Pigmentdruck dem Silberdruckverfahren bei weitem vorzuziehen.

Indem wir bezüglich der betreffendem chemischen Vorgänge auf Kapitel III verweisen, geben wir im Folgenden die einfache Beschreibung der mechanischen Druckoperationen, wie wir selbst solche seit einigen Jahren auszuüben pflegen. Von chromsauern Salzen werden bei dem Pigmentdruckverfahren angewendet:

chromsaueres und saueres (doppelt-) chromsaueres Kali
chromsaueres und saueres chromsaueres Natron
chromsaueres und saueres chromsaueres Ammoniak.

Tränkt man ein Papier mit der Lösung eines der genannten Stoffe und exponirt es unter einem Negativ dem Lichte, so entsteht ein schwachbraunes Bild, welches durch Baden in einer Metallsalzlösung, die mit Chromsäure einen Niederschlag giebt, wie in Blei-, Silber- oder Quecksilbersalzlösungen nachdunkelt und durch Schwefelwasserstoff schwarz gefärbt werden kann. Auch durch Behandlung mit Farbstoffen, wie Alizarin, Anilin und Farbholzextrakten, kann obiges Bild in verschiedenster Weise gefärbt und gekräftigt werden.

Bei weitem die wichtigste Pigmentdruckmethode beruht auf der Mischung des doppelt-chromsaueren Kali mit Gelatine, Gummi oder Eiweiss, welchen man einen beliebigen Farbstoff, vornehmlich fein vertheilte Kohle, zusetzt. Mit einer derartigen Mischung muss man Papier im Dunkeln bestreichen, trocknen und dann unter einem Negativ dem Lichte aussetzen. An allen Stellen, durch welche das Licht durchwirken kann, entsteht eine feste unlösliche Verbindung von Gelatine, chromsauerem Salz und Farbstoff und werden die Abstufungen in den Mitteltönen durch den Grad der Durchdringlichkeit des Negativs bedingt. Die exponirte Schicht wird in warmem Wasser gewaschen; dadurch geben alle vom Lichte gar nicht oder mässig getroffenen Theile in proportionalem Verhältniss zur Lichtwirkung dem Wasser ihre noch löslichen Stoffe ab, wodurch ein schwarzes sogenanntes »Kohlebild« entsteht.

Um sehr feine Kohlebilder zu erhalten, ist das mit Hülfe einer Maschine mit gefärbter Gelatinelösung gleichmässig auf einer Seite präparirte (käufliche) »Pigmentpapier« zu benutzen. Dieses Papier wird

dadurch empfindlich gemacht, dass man es entweder in eine Lösung von doppeltchromsauerem Kali untertaucht und mit diesem Stoffe durchtränkt, oder circa 1—2 Minuten auf einem Bade von

| | | |
|---|---|---|
| doppelchromsauerem Kali | 10 | Gramm |
| destillirtem Wasser | 250 | „ |

analog der Präparation der Silberpapiere schwimmen lässt; dasselbe wird dann, mit Nadeln auf ein Bret befestigt, im Dunkeln getrocknet. Die Exposition geschieht durch Auflegen mit der präparirten Papierseite auf das Negativ. Die Expositionszeit beträgt ungefähr den vierten Theil der Zeit, die eine Chlorsilberkopie (S. 113) verlangt. Der einfachste bezügliche Masstab besteht in einem Streifen Chlorsilberpapier, den man mit dem Pigmentpapier zugleich dem Lichte exponirt; zeigt das Chlorsilberpapier eine chokoladebraune Färbung, so ist das Pigmentbild, bei durchsichtigem Negativ, genügend exponirt; es wird im grellen Sonnenlichte circa 5—8, im diffusen hellen Tageslichte circa 25 bis 40 Minuten beanspruchen.

Um genauere Anhaltspunkte bezüglich der richtigen Expositionszeit zu erlangen, dient die im vorhergehenden Kapitel, Seite 49, geschilderte photometrische Methode von Vogel.

In das Dunkelzimmer zurückgebracht, wird das aus dem Kopirrahmen kommende Papier bei schief auffallendem Lichte nur leichte Konturen zeigen. Man tauche nun das belichtete Pigmentpapier mit nach unten gekehrter Bildseite in kaltes Wasser und lege es dann auf eine Spiegelglasplatte, indem man Glas und Pigmentpapier mittels eines Stückes Kautschuk fest auf einander presst. Soll das zu entwickelnde Bild auf der Glasplatte bleiben, so muss die letztere vor der Benutzung sehr rein geputzt worden sein; anderen Falles muss man die Platte mit einer Lösung von Wachs in Aether oder einer anderen feinen fettigen Substanz, sowie mit feinem Kollodium überziehen, um ein späteres leichtes Ablösen des Bildes von der Glasplatte vornehmen zu können. Wenn das auf die Kollodiumschicht aufgepresste Bild, etwa nach einer Minute, auf der Glasplatte festhaftet, so entwickelt man es durch Eintauchen in warmes Wasser von circa 40° C.; nachdem das Bild einige Zeit im warmen Bade verweilt hat, versucht man durch Schieben und Drücken das Pigmentpapier von der Platte abzulösen. Lässt sich solches leicht verschieben und quillt die noch lösliche Masse an den Kanten des Papiers hervor, so hebe man solches an einer Ecke vorsichtig von der Glasplatte ab und spüle in zartester Weise, um die feinen Details des entwickelten Bildes zu schonen, die lösliche Gelatine durch anhaltendes Uebergiessen vollends weg; in einigen Minuten ist das Bild geklärt und kann nun mit Leichtigkeit auf Papier übertragen werden. Zu diesem

Behufe bringt man ein Blatt Albuminpapier oder (käufliches) sogenanntes Uebertragungspapier durch Andrücken mittels der Hand mit dem Bilde in Verbindung, lässt solches antrocknen und löst es, mit dem anhaftenden Kohlebilde, durch Abziehen von einer Ecke aus, wieder ab. Anhaftende Fetttheilchen werden mittels eines in Terpentinöl getränkten Schwämmchens entfernt (Johnson'sche Methode).

Eine dritte Methode der Darstellung von Kohlebildern beruht auf der Benutzung von Kautschukpapier, ohne Anwendung einer Glasplatte. Das belichtete Pigmentpapier wird mittels Reissbret-Stiftchen, mit der Druckfläche nach oben, auf ein Bret genagelt und mit Kautschuklösung übergossen. Nach ca. 15 Minuten klebt man es mit der Bildseite auf Kautschukpapier, drückt dieselbe auf den Kautschukbogen fest an, und lässt circa einen Centimeter auf allen Seiten vorstehen. Man ziehe die beiden an einander klebenden Blätter, mit Filz bedeckt, durch eine Satinirmaschine, worauf die Entwicklung durch Einlegen der Papiere in kaltes Wasser beginnt. Nach circa $1\frac{1}{2}$ Stunden werden die Bilder in ein Wasserbad von 35—40° C. gebracht, woselbst sie sich bald von einander trennen lassen. Man entfernt nun das Pigmentpapier, bringt das auf dem Kautschukpapier befindliche Bild durch fortgesetztes Waschen mit warmem Wasser zur Entwicklung und versetzt es von seiner Unterlage auf feuchtes weisses Papier, indem man diese Zurichtung nochmals durch eine Satinirmaschine gehen lässt. Hierauf wird das Bild getrocknet und in eine Chromalaunlösung getaucht, gewaschen, abermals getrocknet und durch Ablösen des Kautschuks mittels Benzinbestreichung vollendet. Diese von Swan erfundene Methode steht dem vorhergehenden Johnson'schen Glasplattenverfahren an Einfachheit weit nach, beide jedoch führen zu gleichen Resultaten, beide sind auch zur Darstellung farbiger Pigmentbilder verwendbar; man hat in diesem Falle die der Gelatine beigemengte Tusche nur durch andere Farbstoffe, z. B. durch Anilinfarben, zu ersetzen. —

Um positive Glasbilder zu demonstrativen Zwecken für die Laterna magica darzustellen, wird das Kohlenpapier in 3—4 prozentige wässerige Lösung von doppeltchromsauerem Kali auf 4 Minuten getaucht, getrocknet und hierauf halb so lange wie gesilbertes Eiweisspapier belichtet. Das belichtete Papier wird in kaltem Wasser durchfeuchtet und mittels Kautschukwischers auf eine Glasplatte gepresst, welche vorher mit einer durch 2% Essigsäure angesäuerten Albuminlösung begossen und getrocknet wurde. Nach 3—4 Minuten wird das Bild nach der oben geschilderten Methode in warmem Wasser entwickelt, durch Uebergiessen mit Alaunlösung gehärtet, durch Auswaschen mit kaltem Wasser vollendet, getrocknet und wie eine Negativplatte lackirt.

## D. DIE VERVIELFÄLTIGUNGS-METHODEN DURCH PHOTOGRAPHISCHEN PRESSENDRUCK.

### 1. DIE PHOTOLITHOGRAPHIE UND DER RELIEFDRUCK.

Die durch Einwirkung des Lichtes unlöslich gewordenen Chromgelatinemischungen besitzen die merkwürdige Eigenschaft, Fettfarben anzuziehen und in dem Grade festzuhalten, mit welchem das Licht auf die Chromgelatineschicht gewirkt hat. Auf dieser Grundlage beruhen fast alle neueren phototypischen Prozesse.

Wir haben diese Methoden nach verschiedenen Richtungen zu betrachten, nämlich in Beziehung auf die Darstellung von Linien und Halbtönen, sowie hinsichtlich der Anfertigung der Bilder mittels Glasplatten, Metallplatten und lithographischen Steinen. In Betreff des Verfahrens, ob die Chromgelatineschicht selbst als Träger der lithographischen Farbe benutzt wird und die Abzüge von dieser Schicht abgenommen werden, oder ob diese Schicht nur als Deckmittel zur Aetzung von Metall-, Glas- oder Steinplatten dienen soll, um, nach Entfernung derselben, von der vertieften oder erhöhten Platte selbst die Abdrücke zu machen, treten wiederum mannichfache Verschiedenheiten in der Darstellungsweise auf.

Während die Photolithographie in Linienmanier schon seit lange, selbst bis auf die Zeiten Niepce's und Daguerre's zurück, von Jahr zu Jahr in ungeahntem Masstabe durch Kombinirung mit Metall- und Steindruck erweitert, verbessert und zu einer gewissen Vollkommenheit gebracht worden, war es erst der neueren Forschung vorbehalten, das Problem, Halbtöne auf phototypischem Wege wiederzugeben, in vollkommener Weise zu lösen.

Die einfachste Methode, eine Photographie auf Stein zu übertragen, besteht für Strichmanier in dem Asphaltverfahren, welches schon von Niepce mit Erfolg versucht worden ist. Uebergiesst man nämlich eine Zink-, Kupfer- oder Stahlplatte sowie lithographische Steine mit einer Auflösung von Asphalt in Lavendelöl, Aether oder Chloroform, trocknet dieselben im Dunkeln und exponirt sie unter einem Negativ dem Lichte, so werden sich die vom Lichte nicht getroffenen Asphaltstellen mittels eines der genannten Lösungsmittel abspülen lassen, worauf der Stein oder das Metall mit verdünnter Säure geätzt wird. Von einer solchen Unterlage werden, wie von einer gravirten Platte, Abdrücke gewonnen.

Von höchster Einfachheit für Linienmanier ist die von mir benutzte Pigmentüberdruckmethode. Ich ziehe einen Pigmentdruck auf eine mattirte sorgfältigst gereinigte Spiegelglasplatte, worauf die an den lichten Stellen noch anhaftenden dünnen weichen Gelatintheile mit einem Stahlgriffel entfernt werden und das Gelatinebild mit Chromalaun

gehärtet wird. Von solchen Glasplatten, welche nur für wenige Abdrücke genügen, übertrage ich mittels Ueberdruckfarbe und lithographischen Ueberdruckpapiers einen Abzug auf einen unpräparirten lithographischen Stein, welcher Ueberdruck geätzt, gummirt und in lithographischer Weise weiter behandelt, Hunderte von Abdrücken gestattet.

Die lithographische Presse, welche für Phototypie und Photolithographie zu verwenden ist, beruht auf dem Prinzip der Wirkung einer reibenden Kante, wie eine solche schon Sennefelder, der geniale Erfinder des Steindruckes, benutzt hat. Der Stein hat auf einem schlittenartigen Rahmen einen Hin- und Hergang zu machen, um durch den Druck des Reibers einen Abdruck zu geben. Ist der Stein mit einem feuchten Schwamme überfahren, die Zeichnung eingeschwärzt, und das zu bedruckende Papierblatt aufgelegt, so wird ein mit Leder bezogener Deckel übergeschlagen, der hebelförmige Reiber, nach Anspannung der Oberlage, aufgesetzt und der Stein durchgezogen. Nach dem Durchziehen wird der Reiber gelüftet, der Abdruck herausgenommen, der Stein für den folgenden Abdruck gefeuchtet, geschwärzt, und obiges Druckverfahren wiederholt.

Was die Bezugsquelle der lithographischen Steine anlangt, so ist Solenhofen in Bayern derjenige Ort, welcher das geeignetste Material zu obigem Zwecke liefert. Doch nur aus kohlensauerem Kalk bestehende Steine eignen sich zur Verwendung, deren Tauglichkeit sich durch feine Porosität der Masse, sowie durch jene chemische Eigenschaft des Kalkes auszeichnet, Stoffe aufzusaugen, und rasch mit denselben chemische Verbindungen einzugehen. Ausserdem ist die gute Beschaffenheit der lithographischen Farben eine Hauptbedingung des Erfolges. Die Stifte zum Zeichnen bestehen der Hauptsache nach aus Russ, Wachs, Talg und Seife, die lithographische Tinte aus feiner Tusche, mit welcher ein an ein Alkali chemisch gebundener Fettstoff verseift ist. Eine lithographische Zeichnung wird geätzt, indem die aufgegossene verdünnte Säure sich mit dem Kalk verbindet. Die gezeichneten Stellen erhalten alsdann die Eigenschaft, begierig die fette Farbe anzuziehen, welche mittels Leimwalzen, Lederwalzen oder Tampons auf den präparirten Stein aufgetragen wird. Um die von Zeichnung freien Theile vor Beschmuzung zu schützen, bestreicht man den Stein mit einer dünnen Gummilösung, welche man auch schon der verdünnten Säure zusetzen kann. Der Gummi zieht sich ziemlich tief in die Poren des Steines hinein, und widersteht dadurch der letztere bei dem Aufbewahren einer allmählichen Verwitterung.

Um mehrere gleichartige lithographische Bilder auf einem Steine darzustellen, druckt man einige Abbildungen auf gelatinirtes oder

gummirtes ungeleimtes Papier ab und presst mehrere derartige Abdrücke auf einen gut gereinigten Stein neben einander; dieser wird die Bilder annehmen und festhalten. Das befeuchtete Gelatin- oder Gummipapier kann man mit Leichtigkeit abziehen und die neben einander gestellten Bilder druckfertig machen, um auf diese Weise die Abdrücke in grossen Massen darzustellen.

Alle anderen aus der Photolithographie hervorgegangenen phototypischen Prozesse beruhen auf der schweren Löslichkeit verschiedener vom Lichte getroffener organischer Substanzen. Die photographischen Druckmethoden von Poitevin, Osborne, Asser, Woodbury, Joubert, Talbot, Obernetter und Albert lassen sich auf dasselbe Prinzip zurückführen. Betrachten wir nun die heute gebräuchlichsten drei Methoden, die Poitevin'sche, wie diejenige Woodbury's und Albert's.

Poitevin überzieht einen lithographischen Stein mit einer Mischung von doppeltchromsauerem Kali und Albumin, exponirt unter einem Negativ und wäscht die löslich gebliebenen Theile mit Wasser ab. Die Zeichnung nimmt fette Tinte an allen vom Lichte getroffenen Stellen an und liefert brauchbare Abdrücke, wie unsere nach ähnlicher Methode in dem bekannten »Photolithographischen Institute« zu Weimar dargestellte Tafel X beweist.

Woodbury, dessen Verfahren in England und Frankreich patentirt und von glänzendem Erfolge gekrönt ist, liefert ausgezeichnet schöne Bilder; es besteht dasselbe in der Anwendung einer eingefetteten Glasplatte und einer dünnen Schicht auf dieselbe gegossenen Lederkollodiums. Nach Scamoni's Mittheilungen wird eine mittels Talg leicht eingefettete Glasplatte mit Kollodium überzogen, und dieses mit einer heissen Lösung von Gelatine, doppeltchromsauerem Kali und chinesischer Tusche bedeckt,

Ist diese Masse vollkommen getrocknet, so hebt man sie vorsichtig vom Glase ab und exponirt sie unter einem Negativ, bis man ein schwaches Bild in der Gelatineschicht zu erkennen vermag. Goupil & Co. in Paris verwenden zu diesem Behufe einen Hufeisenmagnet-Rotationsapparat von 50 Magneten (Fig. 78 S. 68), welcher durch eine Dampfmaschine von 6 Pferdekräften in Bewegung gesetzt wird und ein chemisch sehr wirksames Licht erzeugt; dasselbe entsteht zwischen zwei Kohlenspitzen und kann man 8 grosse Kopirrahmen zu gleicher Zeit bei einer Expositionszeit von 4—6 Stunden belichten.

Das genügend belichtete Gelatineblatt presst man auf eine mit Kautschuklösung überzogene Glasplatte und legt dieselbe in ein warmes, oft zu erneuerndes Wasserbad; nach circa 24 Stunden hat sich ein Reliefbild entwickelt; dasselbe wird nach der Trocknung mit Alaun und

absolutem Alkohol gehärtet und von der Glasplatte gelöst, um in weiches Schriftmetall abgeformt zu werden. Zu diesem Behufe bedeckt man das gehärtete Gelatinebild mit einer weichen, aus Blei und Antimon gegossenen Platte und presst mittels einer hydraulischen Presse durch schnellen, sehr starken Druck die Gelatinform in das Antimonblei; dieser Metallguss wird unter eine zweite Presse, die nach Art der Briefkopirmaschinen eingerichtet ist, gebracht; man bestreicht ihn mit feinem Oele und giesst eine gut filtrirte heisse Gelatinfarbe aus einer weithalsigen Flasche auf das Cliché, legt rasch ein wasserdichtes Blatt Lackpapier darüber und schliesst den Pressendeckel. Das gepresste Gelatinebild haftet an dem Lackpapier, wird, wenn etwas abgekühlt, herausgenommen und nach vollständigem Trocknen durch Gerbung mit Alaun fixirt. Zur Darstellung grösserer Auflagen dient ein runder, drehbarer Pressentisch, an welchem ein Arbeiter eine grössere Anzahl Pressen zugleich bedienen kann; dieser dreht die runde Tischplatte stets ein Stück weiter, um nach und nach alle Pressen zu seinen Händen zu bringen. Die Firma Goupil & Co. in Paris hat dieses leistungsfähige Verfahren gekauft und liefert in der That nur vollendete Kunstblätter, welche selbst von den Albert'schen Produkten nur durch die Einfachheit der Darstellung übertroffen werden.

### 2. DIE PHOTOTYPIE UND DER UNVERÄNDERLICHE LICHTDRUCK.

Der im Jahre 1869 von dem Hofphotographen Josef Albert in München erfundene photographische Pressendruck hat in den jüngsten Jahren durch die bedeutende Vervollkommnung, deren sich diese Erfindung zu erfreuen hatte, eine allgemeine Anerkennung und vielseitige Anwendung gefunden. Die unter dem Namen »Albertotypien«, »Phototypien« oder »Lichtdrucke« bekannt gewordenen Leistungen des genannten Künstlers riefen schon bei ihrem ersten Erscheinen eine grosse Bewunderung hervor, und wenn auch ziemlich gleichzeitig mit Albert sich noch zwei Künstler zu München, Obernetter und Gemoser, mit der Lösung des betreffenden Problems befassten und auch in ihrer Art zum Ziele gelangten, so müssen wir dennoch Albert die Priorität der Erfindung zuerkennen, da er zuerst damit in die Oeffentlichkeit getreten ist.

Das phototypische Bild wird von einer Spiegelglasscheibe, welche einen doppelten Chromgelatinüberzug trägt, abgedruckt, nachdem dieselbe den folgenden Prozeduren unterzogen worden ist. Die rein geputzte oder mattgeschliffene Scheibe wird in horizontaler Lage in einer Lösung von

| | | |
|---|---|---|
| 5 | Gramm | feinster Gelatine |
| 5 | „ | doppeltchromsauerem Kali |
| 250 | „ | destillirtem Wasser, |

wozu bei einer Temperatur von circa 55° C. 80 Gramm geschlagenes filtrirtes Eiweiss gegossen worden ist, überzogen. Der Ueberguss wird mittels eines breiten feinen Haarpinsels gleichmässig vertheilt und die Platte in einem auf circa 50 Grad erhitzten Wärmekasten getrocknet; nach dem Trocknen exponirt man die Spiegelplatte mit der Rückseite des Glases circa 10 Minuten lang dem Tageslichte, wodurch der untere Theil der Gelatinschicht sehr fest an das Glas gebunden wird, während deren Oberfläche noch genügende Löslichkeit besitzt, um sich mit der nun aufzugiessenden zweiten zur Bildaufnahme bestimmten Gelatinelösung zu verbinden. Der zweite Aufguss besteht aus folgenden Lösungen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| a) | 25 | Gramm | Gelatine, |
| | 125 | „ | destillirtem Wasser, |
| b) | 4 | „ | Hausenblase, |
| | 60 | „ | destillirtem Wasser, |
| c) | 6 | „ | reinem Albumin, |
| d) | 5 | „ | doppeltchromsauerem Kali, |
| | 30 | „ | destillirtem Wasser, |
| e) | 0,2 | „ | Lupulin, |
| | 0,12 | „ | Benzoeharz, |
| | 0,08 | „ | Tolubalsam digerirt 12 Stunden in |
| | 5,00 | „ | Alkohol, |
| f) | 0,05 | „ | salpetersauerem Silberoxyd, |
| | 2,00 | „ | destillirtem Wasser, |
| g) | 2,5 | „ | Bromkadmium, |
| | 2,5 | „ | Jodammonium, |
| | 50 | „ | destillirtem Wasser. |

Nachdem man von diesen 7 Lösungen a und b gemischt und in ein Becherglas filtrirt hat, schüttet man bei ca. 37° C. die übrigen 5 Lösungen dazu, filtrirt wiederholt und übergiesst mit dem Filtrate die obige erste, gelatinirte Glasplatte zwei- bis dreimal hinter einander, nach Art der Kollodiumübergiessung.

Die getrocknete Schicht wird nach vollkommener Abkühlung unter einem guten Negativ so lange belichtet, bis sich schwache Bildkonturen zeigen; mittels warmen Wassers wird weiter entwickelt. Das entstandene Reliefbild wird wieder getrocknet, um später zum Abdrucken vorbereitet zu werden. Das letztere geschieht mit einer beliebigen lithographischen Presse, indem eine Spiegelplatte auf einen lithographischen Stein aufgegipst und auf diese Spiegelplatte die Lichtdruckplatte mittels einiger Tropfen Brunnenwassers adhärirt wird. Ein sehr mässiger Druck des Reibers an der Presse genügt, von der nach der oben angegebenen lithographischen Methode behandelten Platte

einen guten Abdruck zu erhalten. Als Druckfarbe ist eine Mischung von Indigo, feinster Knochen-Kohle, Karmin und Talg zu empfehlen, welche den bekannten violetten Photographie-Ton darstellt. Auch jede andere Farbe kann beliebig verwendet werden. Bei Reproduktionen in Strichmanier ist ein Ueberdruck auf Stein, wie oben geschildert, auch hier in Fällen rathsam, welche eine sehr grosse Anzahl von Abdrücken erheischen; auch ist für vielfarbige Abdrücke die Kombination des Lichtdruckes mit dem Oelfarbendruck von überraschend schöner Wirkung.

Weiter ist zu berücksichtigen, dass bei Anwendung eines gewöhnlichen Negativs, welches von vorzüglicher Güte sein muss, die Bildgegenstände in umgekehrter Stellung auf dem Lichtdrucke erscheinen.

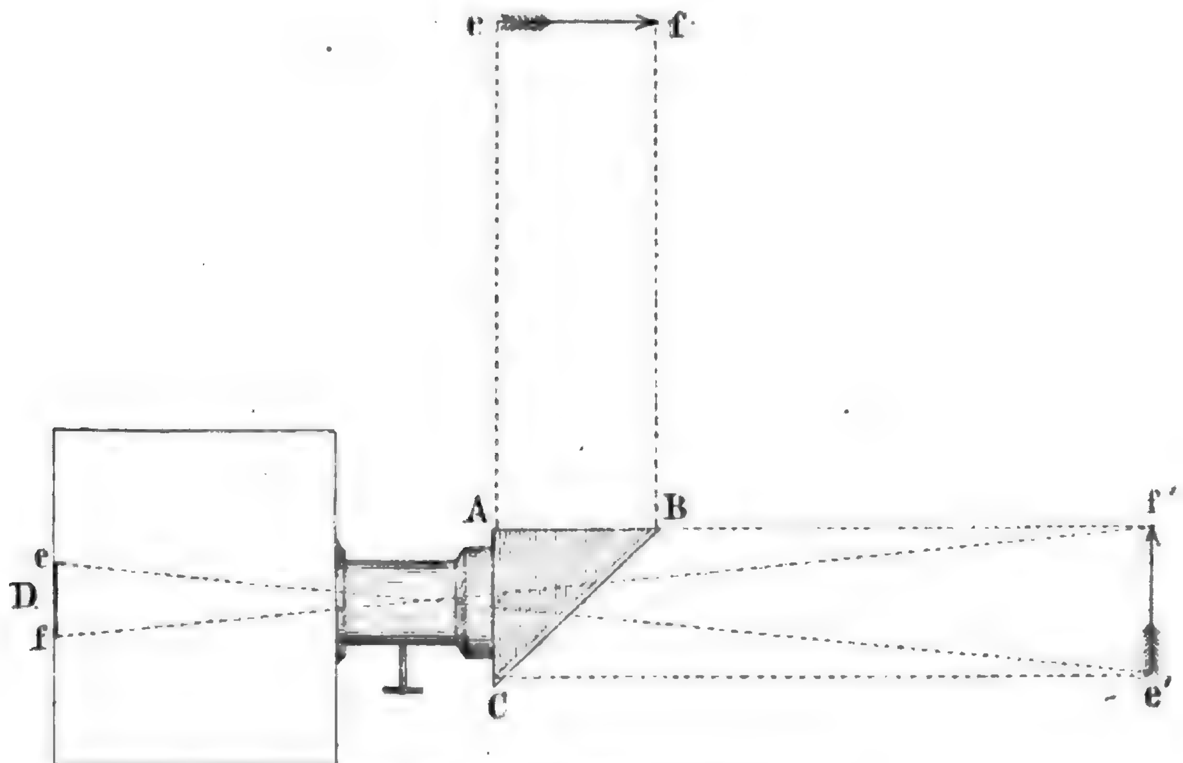



Fig. 136. Steinheil's Umkehrungsprisma.

Um diesem Misstande abzuhelfen, muss entweder schon bei der photographischen Aufnahme die kollodionirte Platte umgekehrt in die Kassette gelegt und durch das Glas hindurch belichtet, oder die Kollodiumhaut des Negativs vom Glase abgezogen und umgekehrt auf die Chromgelatine aufgelegt werden.

Diese Umständlichkeiten hat der berühmte Optiker Dr. A. Steinheil in München durch ein spiegelndes Umkehrungsprisma vermieden, welches mit jedwedem Objektiv in Verbindung gebracht werden kann. Dieses Prisma, Fig. 136, ist rechtwinklig und wird mit der einen Kathetenfläche vor das Objektiv angeschraubt. Wenn auf das Prisma *ABC* Licht

gelangt und die Fläche $AB$ senkrecht von den Strahlen getroffen wird, so treten dieselben, ohne gebrochen zu werden, in das Glas ein, werden jedoch an der Hypothenusenfläche $BC$, welche mit Silber belegt ist, reflektirt und durch die Fläche $AC$ wiederum ungebrochen hindurchtreten; steht hinter der Fläche $AC$ ein Objektiv, so wird das aus dem Prisma kommende Licht zu einem Bilde vereinigt, bei welchem Rechts in Links umgekehrt ist; oder mit anderen Worten, es wird das umgekehrte Spiegelbild $e'f'$ der Prismenfläche $BC$ auf der matten Scheibe $D$ durch abermalige Umkehr mittels des Objektivs in denselben Lagenverhältnissen, wie im Originale bei $ef$, erscheinen, jedoch müssen die Ecken der Katheten des Prisma's zur Verhütung schräg einfallender, ein Doppelbild veranlassender Lichtbüschel auf das Sorgfältigste abgeblendet werden. Dasselbe Ziel wird übrigens auch mittels eines grossen Metallplanspiegels erreicht, welchen man in einem Winkel von 45° zu den aufzunehmenden Gegenständen aufstellt; die Einstellung wird dann gegen das Spiegelbild vorgenommen und auf übliche Weise manipulirt.

Unsere Tafel II zeigt das Lichtdruckatelier der Albert'schen Anstalt in allen ihren Einzelheiten auf einer nach der Natur aufgenommenen Phototypie, welche aus der Hand Albert's hervorgegangen ist. Während auf der rechten Seite dem Auge des Beschauers einige Farbenwalzen, sowie eine einfache lithographische Hebelpresse begegnen, sehen wir links eine Anzahl komplizirter Maschinen und Satinirapparate aufgestellt, neben denen sich die Glasdruckplatten und Reservewalzen befinden. Im Hintergrunde steht der Trockenofen, während in der Mitte des Vordergrundes auf einem Tische einige von den Kunstblättern aufgelegt sind, welche von dem erstaunlichen Erfolge und der vielseitigen Geschicklichkeit des Erfinders Zeugniss geben. Nach dem heutigen Stande der photographischen Leistungen müssen wir demselben neben Niepce, Daguerre, Niepce de St. Victor und Talbot einen der rühmlichsten Plätze in der Geschichte der Photographie zuerkennen.

Unsere Tafeln I, V, VII, VIII und IX sind nach demselben Prinzipe durch die Firmen Römler & Jonas in Dresden, Strumper & Co. in Hamburg, Brauneck & Mayer in Mainz und Gemoser & Waltl in München angefertigt worden. Wir machen besonders auf die technische Ausführung der fünften Tafel aufmerksam, auf deren wissenschaftliche Bedeutung wir zurückkommen werden. Tafel VIII und IX, aus der Anstalt der Herren Brauneck & Mayer in Mainz hervorgegangen, sind mit der Schnellpresse ausgeführt. Die Genannten sind in der Lage, gegen 2000 Phototypien nebst beigefügtem Titeldrucke auf einer Maschine in einem Tage zu liefern. Dieses Verfahren hat in neuerer Zeit alle anderen Methoden überflügelt und ist infolge dessen an mehrere der ersten Firmen

übergegangen. Eine erfreuliche Erscheinung und ein Triumph des menschlichen Strebens ist die genannte Erfindung zu nennen, da sie den grossen Fortschritten in der Kunst, der Wissenschaft und der Industrie den erfolgreichsten Weg bildlicher Darstellung angebahnt hat.

### 3. PHOTOGALVANOGRAPHIE, HELIOGRAPHIE UND AUBELDRUCK.

Eine weitere Anwendung der Photographie auf die graphischen Künste ist uns durch die vermittelnde Benutzung der Galvanoplastik geboten. Seit Thomas Spencer im Jahre 1838 mit seinen durch die Kraft des galvanischen Stromes erzeugten Schriftformen an die Oeffentlichkeit trat und Jacobi in Russland fast zu derselben Zeit zu denselben Resultaten gelangte, hat die Galvanoplastik eine allgemeine typographische Anwendung in der Ersetzung der Holzschnitte und der Reproduktion geätzter Kupferplatten erhalten. — Der Künstler radirt in den Aetzgrund einer Platte die Zeichnung, von der dann auf galvanoplastischem Wege ein erhabener Abdruck genommen wird. — Was lag wol näher, als eine Daguerre'sche Platte mittels des galvanischen Stromes in eine solche umzuwandeln, die durch die Typographie Abdrücke des Lichtbildes auf Papier geben kann? Wie Fizeau und Donné (siehe S. 18) versucht hatten, die Daguerre'sche Platte direkt zu ätzen und abzudrucken, so benutzte Grove die galvanische Ablagerung des Kupfers, um die durch das Licht gebildete Daguerre'sche Platte zu erhöhen und galvanisch zu vervielfältigen. Er bediente sich der Platte als Anode, auf welche sich die Lichtbilder galvanoplastisch in Kupfer absetzten. Die hellen Stellen des Daguerre'schen Bildes erschienen auf der Kupferplatte hell-fleischroth, die dunkeln Stellen erhielten eine tiefere Politur. Setzte man diesen galvanischen Abklatsch bei 60° R. Quecksilberdämpfen aus, so kam das Bild im feinsten Detail in allen

Fig. 137. Heliographie von Poitevin. (Nach einem Kupferstiche.)

Digitized by Google

Einzelheiten zum Vorschein und nach leichter Aetzung mittels Säuren war es möglich, einige Abdrücke in der Presse durch Einwalzen zu erzielen. —

Eine allgemeine praktische Verwendung der Galvanoplastik für die Photographie wurde erst nach Bekanntwerden der lichtempfindlichen Eigenschaften der Chromgelatine ermöglicht. In jetziger Zeit versteht man unter Photogalvanographie oder Heliographie die Kunst, von einer Leim-, Chromat-, Asphalt- oder Silber-Photographie einen galvanoplastischen Abdruck zu nehmen und solchen in eine druckfähige Kupferplatte umzuwandeln. Als Erfinder dieser Methode sind ziemlich zu gleicher Zeit in Oesterreich Paul Pretsch, in Frankreich Poitevin aufgetreten. Diesen Experimentatoren folgte eine ganze Reihe von Nacherfindern, Kronheim, Nègre, Carrey Lea, Garnier; Fontaine, Placet, Osborne, Wharton Simpson u. a. m., bis in neuerer Zeit Baldus in Paris und Scamoni in St. Petersburg die Kunst der Heliographie zu höchster Vollendung gebracht haben. —

Fig. 138. Heliographie von Poitevin (nach einer Federzeichnung).

Pretsch's Verfahren besteht darin, dass er eine Glasplatte mit einer Mischung von Leim, doppeltchromsauerem Kali und Jodsilber überzieht; wenn die Schicht im Dunkeln getrocknet ist, wird sie unter einem positiven Glasbilde exponirt, und mit warmem Wasser entwickelt; die löslichen Theile werden weggewaschen, während die unlöslichen zurückbleiben und in ihren verschiedenen Tiefen die verschiedenen Lichter und Schatten darstellen. Wenn die Platte so weit präparirt ist, giesst man eine Guttaperchalösung über dieselbe, welche den Abdruck des

Lichtbildes umgekehrt empfängt. Nachdem dieser Abdruck ausgetrocknet ist, wird er mit Graphit leitend gemacht, und man erhält im galvanischen Apparate eine druckfähige Kupferplatte.

Baldus, von welchem unsere heliographischen Abbildungen (Fig. 139 und 140) herstammen, nimmt eine Kupferplatte, auf der eine Lage lichtempfindlichen Asphaltes ausgebreitet wird. Diese Asphaltschicht wird unter einem Positivbilde belichtet; nach einer Viertelstunde intensiver Sonnenbeleuchtung wird die Platte mittels Lavendelöl fixirt und noch einige Tage dem Lichte zur Konsolidirung ausgesetzt, hierauf in ein galvanoplastisches Bad von schwefelsauerem Kupferoxyd getaucht und mit den Polen einer Batterie in Verbindung gesetzt, so dass, wenn die Platte am negativen Pole hängt, eine Lage metallischen Kupfers sich auf die von Asphalt freien Theile der Platte in Relief ansetzt. Hängt man aber die Platte an das positive Polende der Batterie, so höhlt sich solche an den nämlichen Stellen aus und man erhält eine Tiefätzung für zarten Kupferdruck.

Fig. 139. Hochdruckplatte von Baldus.

Eine zweite Methode besteht in der Anwendung direkter Aetzung der Kupferplatte zur Darstellung einer Heliographie. Die Kupferplatte wird mit einer bichromaten Gelatineschicht überzogen und dem Lichte unter einem Glasbilde exponirt. Nach der Exposition und Entwicklung wird die Metallplatte mittels einer Eisenchloridlösung geätzt, welche jene an allen den Theilen angreift, die nicht durch die Gelatine geschützt sind. Bei Verwendung eines Negativs in Linienmanier entsteht ein vertieftes, bei einem Glaspositiv ein erhöhtes Bild in der Kupferplatte.

In neuerer Zeit fertigt Georg Scamoni, Photograph in der Expedition zur Anfertigung der Staatspapiere in St. Petersburg, ganz ausgezeichnete Heliographien nach einer ihm eigenthümlichen Methode an, wie die bewundernswerthe Leistung auf Tafel III darthut. Nachdem Scamoni ein tadelloses Positivbild auf einer Spiegelglasplatte dargestellt, benutzt er die Eigenschaft des gewonnenen Silberbildes, noch weitere

Metallpartikel in statu nascendi anzuziehen und verleiht dadurch demselben eine bedeutende Plastizität. Um letztere zu erzielen, wird das im pulverigen Silberniederschlage in geringer Menge zurückgebliebene

Fig. 140. Heliographie von Baldus nach Marc Anton.

Jodsilber durch Aufguss einer verdünnten Jodkalilösung frei gemacht und alsdann, unter Einwirkung des Tageslichtes, so lange mit salpetersauerer Silberlösung und Pyrogallussäure verstärkt, bis eine ziemlich auffällige

Erhöhung des Bildes sich bemerkbar macht. — Hierauf wird dieses mit ammoniakalischem Wasser gereinigt und gleichmässig mit gut filtrirter Quecksilberchloridlösung öfters begossen; nach genügend verstärkender Einwirkung jener Lösung wird das Bild wiederholt gewaschen, mit Platinchlorid oder Chlorgoldlösung behandelt und zuletzt mit eisenhaltigem Wasser und Pyrogallussäure bespült, die nach Scamoni's Mittheilungen sehr festigend auf die pulverigen Metallniederschläge einwirken soll.

Das metallische Relief ist nunmehr vollendet und wird über einer Spirituslampe getrocknet, wodurch dasselbe abermals etwas höher wird. — Die beinahe erkaltete Platte wird mit einem dünnen Firniss übergossen, der nur so weit getrocknet wird, dass ihm genügende Klebrigkeit bleibt, um eine feine Graphitschicht gleichmässig festzuhalten. Das wohlgelungene Bild hebt sich alsdann als scharfes, auffällig hohes Relief von dem dunkelglänzenden Grunde empor und kann nun galvanisch abgeformt werden. Ist nach 3 bis 6 Tagen ein genügend dicker Kupferniederschlag erzielt, so wird derselbe vorsichtig von der Matrize abgelöst, auf der Rückseite glatt gefeilt und mittels Benzin und feinem Schmirgel gereinigt; eine möglichst sorgfältige Politur aller Lichtstellen vollendet die Platte für den Kupferdruck, während das Hochstellen derselben für Buchdruck nach den Regeln der Chemitypie und Galvanostygie vorgenommen wird.

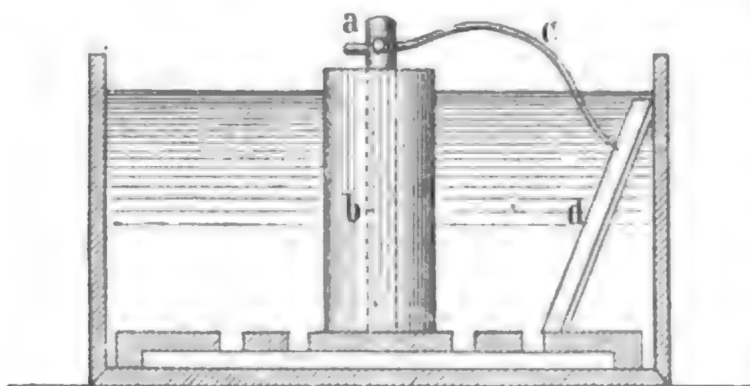


Fig. 141. Scamoni's galvanoplastischer Apparat.

Der von Scamoni zum Abformen heliographischer Reliefs angewandte galvanoplastische Apparat besteht aus einem $1\frac{1}{4}$ Meter langen, $\frac{1}{2}$ Meter breiten und ebenso tiefen, gut ausgepichten Holzkasten (Fig. 141), auf dessen Grunde ein durch Bleigewichte niedergehaltenes Lattengestell ruht, unter dem sich die allmählich in das Bad gelangenden Unreinigkeiten absetzen. In dem Kasten befindet sich das am oberen Ende mit dem zur Matrize *d* führenden Leitungsdrahte *c* in Verbindung stehende Zinkelement *a*, welches in dem schwefelsäurehaltigen Thoncylinder *b* sitzt. — Die Stärke der in dem Holzkasten befindlichen Kupfersolution soll stets auf 25% erhalten werden, zu welchem Behufe zwei in der Lösung hängende Zinkkästchen von Zeit zu Zeit mit frischen Kupfervitriolstücken angefüllt werden müssen.

Wie aus obigen Schilderungen hervorgeht, zerfallen die verschiedenen heliographischen Methoden in drei Gruppen, je nachdem die Platte durch direkte Aetzung, durch Umformung bei Einwirkung des Lichtes auf Chromgelatine, oder durch direkte galvanische Abformung hergestellt wird. — Bei den drei Methoden verdanken wir nur dem Sonnenlichte im Bunde mit der bewundernswerthen Wirkung des galvanischen Stromes jene epochemachenden Fortschritte in der Anwendung der Photographie.

Der Aubeldruck (Tafel IV) schliesst an keine dieser Manieren an, benutzt weder den galvanischen Prozess, noch organische Körper, wie Gelatine, Gummi, Asphalt etc. und bedarf auch keinerlei Uebertragungsmittel. Das mit Hülfe des Lichtes erhaltene photographische Negativ wird sofort direkt in eine stahlharte druckfähige Platte verwandelt, welche den Ueberdruck auf Stein, die Uebertragung auf Holz für den Xylographen, oder den Umdruck auf Zink etc. gestattet. Als Beweis, mit welcher Schärfe bei diesem Verfahren die Platten gravirt erscheinen, kann die von Aubel angefertigte Reduktion einer preussischen Generalstabskarte dienen; dieselbe ist in $^1/_{32}$ der Grösse des Originalblattes ausgeführt; dieses hat eine Grösse von 35 auf 47 Centimeter, die Reduktion eine solche von 37 auf 47 Millimeter. Die kleinste Schrift auf dem reproduzirten Kärtchen, welche mit einer gewöhnlichen Lupe von 1 Zoll Brennweite (resp. circa 7facher Vergrösserung) noch sehr gut lesbar ist, hat eine Höhe von 0,082 Millimeter, kann also durch ein Menschenhaar, welches man zu circa $^1/_{15}$ Millimeter annimmt, fast vollständig zugedeckt werden; ein Pferdehaar, zu $^2/_{15}$ bis $^3/_{15}$ Millimeter gerechnet, deckt mithin eine doppelte Zeile dieser Schrift.

Der Aubeldruck (Aubel & Kaiser, Lindenhöhe bei Köln) ist das korrekteste und billigste Verfahren für die Darstellung linearer Minimalverhältnisse und wird insbesondere für die Herstellung von Banknoten einer grossen Zukunft entgegengehen. Die zahlreich vorliegenden Proben liefern den Beweis, dass alle Originalzeichnungen in Kreide, Feder, Reissfeder, Bleistift etc. ohne Vermittelung des Steingraveurs oder Lithographen in höchster Schärfe und mit genauer Wiedergabe des Charakters auf den Stein übertragen und von demselben gedruckt werden. Das Kopiren geschieht entweder in Originalgrösse oder in Verkleinerungen. Aubel erkannte von vornherein die Methode der Photolithographie für sehr zarte Darstellungen als unbrauchbar und schlug daher einen neuen Weg ein; das System des Belichtens der Steine, die Prozeduren mit Asphalt und Gelatine wurden unbedingt verworfen, alle Uebertragungsmethoden mussten nach den Mittheilungen des Erfinders bei der Absicht, das direkteste, kürzeste und billigste Verfahren zu

ermöglichen, selbstverständlich verlassen werden. Die Aubeldruck-Steine sollen bei weitem leichter zu drucken sein, als die gewöhnlichen Ueberdrucke, da es gar keine Schwierigkeit haben soll, die feinsten und dichtesten Schraffen offen zu halten. Ein besonderer Vortheil liege noch in dem Umstande, dass das Aufbewahren gezeichneter Steine künftig wegfalle, indem die ursprüngliche Originalplatte jeden Moment neue Ueberdrucke und stets frische Reproduktionen zu liefern gestatte. — Die genaueren Einzelheiten über das Verfahren sind bis jetzt noch nicht veröffentlicht worden; obige Notizen dagegen sind uns durch die Güte des Erfinders selbst zugekommen.

### 4. DIE PHOTOXYLOGRAPHIE UND DIE PHOTOSKULPTUR.

Was die vielverheissenden Bezeichnungen »Photoxylographie« und »Photoskulptur« betrifft, so sind solche im Grunde genommen unmotivirt und unberechtigt. — In beiden Fällen ist es nicht das Licht, welches, wie bei den geschilderten Methoden, ohne Beihülfe der Künstlerhand die Bilder darstellt, sondern es unterstützen die photographischen Abbildungen nur in geeigneter Weise die Thätigkeit des Künstlers.

Aufgabe der Photoxylographie ist es, das photographische Bild auf den präparirten Holzstock zu übertragen oder auf demselben direkt mittels der Camera aufzunehmen. Die Uebertragung kann in verschiedener Weise geschehen. Entweder man zieht von einem positiven Glasbilde das Kollodiumhäutchen unter angesäuertem Wasser ab und klebt solches mit der Bildseite nach unten auf einen mit Terpentinöl eingeriebenen Holzstock, lässt dasselbe gründlich auftrocknen, um es später wieder mit einem Bällchen in Aether getränkter Watte zu entfernen; das Kollodiumhäutchen löst sich auf, während das metallische Silberbild auf dem Holze haften bleibt und von dem Xylographen auf gewöhnliche Weise bearbeitet werden kann.

Den entschieden grössten Erfolg in der Anwendung dieser Methode hat Leth in Wien durch eine Verfahrungsweise gewonnen, welche allen Anforderungen entspricht, die der Xylograph an die Unveränderlichkeit der Holzfaser stellt. Wiederum ist es die Chromgelatine, welche die Grundlage dieser Methode bildet. Eine wohlgeputzte Glastafel wird nämlich mit einer Mischung von

| | | |
|---|---|---|
| 2 | Gramm | doppeltchromsauerem Kali, |
| 1½ | „ | Gummi arabicum, |
| 3 | „ | Honig, |
| 100 | „ | destillirtem Wasser |

gleichmässig überzogen, rasch im dunkeln Raume getrocknet und unter einem Glaspositiv in der Sonne 20 Sekunden bis 2 Minuten, im

Schatten 3 Minuten bis 2 Stunden, je nach der herrschenden Lichtkraft, exponirt. Wieder in das Dunkelzimmer gebracht, wird das Bild mittels sogenannten Einstäubens entwickelt. — Das gewählte Staubfarbenpulver wird mit einem breiten weichen Haarpinsel über die

Fig. 142. Der Erzengel Michael. (Von dem Dürer'schen Holzschnitt nach der Leth'schen Methode auf Holz photographirt und geschnitten.)

belichtete Fläche hin und her geführt, wobei das Pulver an den unbelichtet gebliebenen Stellen haften bleibt, während es über die belichteten Stellen hinweggleitet. Die hinlänglich entwickelte Bildplatte wird nun mit gewöhnlichem Roh-Kollodium übergossen, und nach Verdunstung des Aethers in einem stark mit Salpetersäure versetzten Wasserbade

(1NO₅ auf 20 HO) vom Glase losgelöst. An dem Kollodiumhäutchen hängt nun das Staubbild, welches mit Leichtigkeit in einem mit Zuckerwasser (1 zu 10) gefüllten Becken auf den Holzstock zu übertragen ist. Nach Trocknung des Häutchens wird dieses durch Alkoholäther entfernt, wodurch die Holzfaser sehr wenig in Mitleidenschaft gezogen wird. Die Genauigkeit der Zeichnungen, sowie die Uebertragung der Lichteffekte verleiht den Holzschnitten mehr Halbtöne, welche den Reiz guter Xylographien bedeutend erhöhen. Besonders aber für die Reduktion grösserer linearer Zeichnungen, sowie für Abbildungen wissenschaftlicher Objekte ist die Methode der Uebertragung einer photographischen Kopie auf Holz von besonderem Werthe.

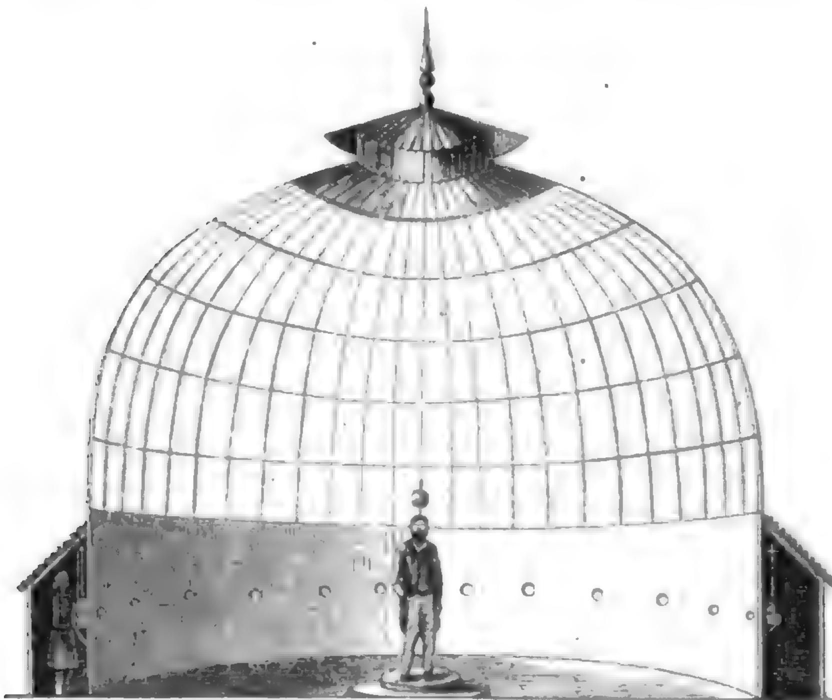


Fig. 143. Glassalon für die Photoskulptur.

Von geringerer Bedeutung war die Erfindung der sogenannten Photoskulptur. Dieses seit 1862 von Villème in Paris geübte Verfahren besteht in einer eigenthümlichen Benutzung der Photographie zur Anfertigung naturgetreuer Gipsfiguren und Büsten. De Roth theilt über das Verfahren in seiner Schrift »Neueste Fortschritte etc.« Folgendes mit:

Villème's Atelier, Avenue de Wagram 42, besteht aus einem kreisförmigen, mit einer Glaskuppel versehenen Salon von 10 Meter Durchmesser (Fig. 143). In der Mitte des Salons befindet sich ein kleines Piedestal aus Holz, auf welches die aufzunehmende Person gestellt wird. Um sich zu überzeugen, dass sie sich gerade in der Mitte des Salons befindet, hängt vom Centrum der Glaskuppel ein Bleiloth herab, dessen Verlängerung durch das Centrum des Holzgestelles gehen würde. Die Mauer um das Atelier ist nur wenige Ellen hoch, und dient als Stütze für den Eisenrahmen der Glaskuppel. In der Mauer befinden sich 24 kreisförmige Oeffnungen, durch welche eben so viele Objektive auf das Centrum des Salons gerichtet werden. Die Instrumente befinden sich in

einem Gange, der rings um den ganzen Salon geht und als Dunkelraum dient. Das kreisförmige Hochgestell, worauf die Person steht, hat ebenso wie der ganze Salon 24 Abtheilungen, welche mit den 24 nummerirten Objektiven und Glasplatten korrespondiren, so dass keine Verwechselung der einzelnen Aufnahmen entstehen kann. Zwei Personen bereiten die Platte für die 24 Instrumente. Sobald die Platten in die Kassetten gelegt und in die Camera gebracht sind, wird die aufzunehmende Person auf das Hochgestell geführt und auf ein gegebenes Zeichen werden alle Platten zugleich belichtet, indem durch eine besondere Vorrichtung alle Schieber auf einmal in die Höhe gezogen werden. Auf ein zweites Zeichen schliessen sich alsdann alle Kassetten in gleicher Weise. So erhält man gleichzeitig 24 Aufnahmen, die alle von verschiedenen Gesichtspunkten aus geschehen. Diese Aufnahmen haben etwa die Grösse einer Visitenkarte, werden indess mittels einer einfachen Vorrichtung für die Photoskulptur vergrössert. — Im Brennpunkte eines Hohlspiegels befindet sich eine Lampe, deren Lichtstrahlen auf eine Sammellinse fallen, und die, mit Zerstreuungslinsen versehen, gleich einer Laterna magica, das kleine Bildchen in beliebiger Grösse auf eine transparente Wand wirft. Ein Storchschnabel (Pantograph) wird von zwei Arbeitern in der Weise geführt, dass der Eine das eine Ende des Pantographen auf den Konturen des Bildes der transparenten Wand, der Zweite das reproduzirende Ende auf eine cylindrisch

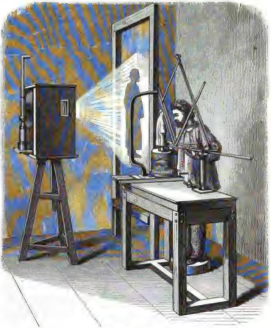


Fig. 144. Uebertragung des photogr. Bildes auf den Thon.

geformte Thonmasse überträgt und den Thon in der Form jener Kontur ausschneidet; der Thon befindet sich auf einem kreisrunden Fussgestell, welches gerade so abgetheilt und numerirt ist, wie das Holzgestell, auf dem die betreffende Person gestanden ist und welches sich leicht um seine horizontale Achse drehen lässt. Sobald die erste Aufnahme auf den Thon übertragen ist, wird die folgende in die Laterna magica geschoben, vergrössert, mittels des Pantographen geformt, und so weiter, bis alle 24 Aufnahmen in den Thon übertragen sind. In allen Fällen wird die Anzahl der Bilder durch vier theilbar sein müssen, indem immer die entsprechenden Photographien hintereinander übertragen werden müssen, die in einem Winkel von 90° aufgenommen wurden — z. B. *A* die Vorderseite, *B* das rechte Profil, *C* die Rückseite, *D* das linke Profil — worauf immer die nächsten entsprechenden vier Nachbarbilder auf dem Thon zu formen sind; sobald die 24 ursprünglichen Bilder konstruirt und modellirt, ist die Büste im Rohen fertig, bedarf aber noch der feineren Retouche. Nun werden abermals die einzelnen Bilder in ganz gleicher Reihenfolge revidirt, jedoch werden jetzt nicht blos die Umrisse, sondern besonders die Schatten- und Lichtpartien, die Gewandfalten und die feineren Konturen aufgesetzt; nach dieser Bearbeitung und einer darauf folgenden direkten Nachglättung und Ausgleichung kleiner Unebenheiten ist das Thonbild vollendet.

Diese neue Art mechanischer und automatischer Bildnerei, welche in Paris durch Villème und in Triest durch Benque gepflogen wird, ist wol in der Idee geistreich und hübsch, dürfte aber in der praktischen Ausführung hinter den sanguinischen Hoffnungen des Erfinders bedeutend zurückbleiben; Licht- und Schatteneffekte, kleine Vertiefungen und Formdifferenzen in den Gesichtszügen, welche die Aehnlichkeit bedingen, lassen sich nicht ohne Künstlerhand wiedergeben, wie denn auch die auf der Pariser Ausstellung 1867 vorgelegten Resultate Villème's ihre elegante Ausführung mehr der Hand des nacharbeitenden Künstlers, als der Wirkung des Lichtes zu verdanken hatten.

## E. DIE PHOTOGRAPHIE IN NATÜRLICHEN FARBEN. — (HELIOCHROMIE.)

Nachdem wir durch die Schilderung der verschiedenartigen photographischen Methoden mannichfache Wirkungen des Lichtes kennen zu lernen Gelegenheit gegeben, bleibt uns noch ein letzter wichtiger Punkt zu besprechen übrig. Den herrlichen Resultaten Daguerre's, Niepce's und Talbot's fehlt nämlich zu einer vollkommenen Feinheit der Ausführung der Reiz des Kolorits. Bis zum heutigen Tage zählt das Problem, Photographien in natürlichen Farben darzustellen, noch zu den frommen

Wünschen, wenngleich die Möglichkeit, das Ziel zu erreichen, nicht mehr in Abrede zu stellen ist.

Schon im zweiten Bande seiner Farbenlehre bringt Goethe eine bezügliche Mittheilung des Dr. Seebeck aus Jena; derselbe liess das Spektrum eines fehlerfreien Prismas auf ein mit feuchtem Hornsilber bestrichenes Papier fallen, und 15 bis 20 Minuten lang einwirken. Es fand sich alsdann das Papier durch das Violet des Spektrums etwas röthlichbraun gefärbt, im Blauen war es rein blau geworden, welche Farbe sich in das Grün erstreckte und hier heller wurde, während im Gelben keine Veränderung, im rothen Lichte dagegen eine rosenrothe Farbe sich zeigte. Jenseit des Violett hatte sich das Hornsilber mehrere Zoll hinauf allmählich heller werdend, bläulich grau, jenseit des Roth eine beträchtliche Strecke hinab schwach röthlich gefärbt. Eine Bestätigung dieser Thatsachen verdanken wir John Herschel, welcher nachweist, dass ein im Sonnenlichte geschwärztes Chlorsilberpapier unter dem Einfluss der Strahlen des Spektrums die analogen Farben des letzteren annehme. — Später stellte der französische Physiker Edmond Becquerel nicht nur das Sonnenspektrum, sondern auch die Abbildungen von Naturgegenständen auf einer Daguerrotypplatte in Farben her. — Nach Becquerel's Vorschrift taucht man eine gut polirte Silberplatte in eine wässerige Lösung von Chlorwasserstoffsäure, um unter Einwirkung eines schwachen elektrischen Stromes eine Schicht violettröthlichen Silberchlorürs zu bilden. Die auf diese Weise präparirte Platte besitzt die Eigenschaft, die Farben des Sonnenspektrums bei entsprechender prismatischer Belichtung festzuhalten, aber im gemischten weissen Licht sich vollkommen zu schwärzen; mithin können die Farben nicht fixirt werden. Das Verfahren Becquerel's ist nur deshalb von Bedeutung, weil es die Möglichkeit einer photographischen Wiedergabe der Farben erschloss, und zu weiteren Hoffnungen auf ergiebigere Resultate berechtigte.

In der That gelangte auch Niepce de St. Victor, welcher sich mit eisernem Fleisse und aufopfernder Hingebung dem Probleme widmete, zu besseren Resultaten. Niepce erkannte, dass die Färbung des Silberchlorürs in verschiedenen Abstufungen von der Konzentration und dem Lösungsverhältnisse des Chlors abhänge, mit anderen Worten, dass man diese oder jene Farbe durch Lichtwirkung erzeugen könne, wenn man die Quantität des aufgelösten Chlors mehre oder mindere. Bei ganz geringem Chlorgehalt entstehe die gelbe Farbe, bei verhältnissmässig steigendem Chlorgehalte Grün, Blau, Indigo, Violett, Roth und Orange, letztere beiden Farben nur bei stärkster Konzentration der Lösung. Weiter fand derselbe Forscher, dass gewisse metallische

Chlorverbindungen, speziell aber das chlorsauere Kupferoxyd und das Eisenchlorid, die Farbenbildung bedeutend unterstützen. Um verschiedene Farben auf einer Platte zu reproduziren, tauchte Niepce zuerst eine versilberte Kupferplatte auf 10 Minuten in eine Lösung von Eisenchlorür. Die nun mit Silberchlorür sich überziehende Schicht wurde gelinde erwärmt und unter einem farbigen Transparentbilde den Sonnenstrahlen ausgesetzt, wodurch sich die durchsichtigen Farben vollkommen reproduzirten, ohne jedoch fixirbar zu sein. — Weiter fand Niepce de St. Victor eine Analogie zwischen der Farbe, welche ein Körper einer Alkoholflamme ertheilt und der Wirkung des Lichtes auf eine Silberplatte, die mit der entsprechenden Chlorverbindung jenes Körpers behandelt worden war. Purpurfarbe erzielte er durch Beimischung von Chlorkalium, eine gelbe Farbe durch Zusatz von Chlornatrium, Grün durch Beigabe von Borsäure, sowie durch Zusatz anderer Chlorverbindungen zu der in dem Bade befindlichen Kupferplatte. Auch gelang es Niepce, seine Bilder auf die Dauer einiger Wochen durch einen Ueberzug von Benzoeharz haltbar zu machen, was Becquerel nicht zu erreichen vermocht hatte. Die Untersuchungen Niepce's haben weiter die interessante Thatsache ergeben, dass alle zusammengesetzten Farben durch die Photochromie zerlegt werden, d. h. Farben, die aus einer Mischung von zwei anderen bestehen, z. B. die grüne Farbe, die aus Gelb und Blau hervorgeht, ist auf photographischem Wege nicht reproduzirbar; es wird sich je nach der Natur der lichtempfindlichen Chlorverbindung nur das Gelb oder das Blau der Mischung darstellen.

Unter den übrigen Experimentatoren, welche in dem Hervorbringen von Farben auf photographischem Wege Bedeutendes geleistet haben, nimmt Poitevin einen hervorragenden Rang ein, indem er Farben auf lichtempfindlichem Papiere zu erzeugen im Stande war. Auf gewöhnlichem Chlorsilber-Papiere wird nämlich durch mässige Belichtung eine schwach violette Lage von Silberchlorür erzeugt; hierauf taucht man das Papier in genauer Reihenfolge in eine gesättigte Lösung von doppeltchromsauerem Kali, dann schwefelsauerem Kupferoxyd, und endlich in eine Lösung von chlorsauerem Kali. Statt doppeltchromsaueren Kali's kann auch Chromsäure oder essigsaueres Uranoxyd Verwendung finden. Das auf diese Weise präparirte Papier lässt man trocknen, worauf es unter transparenten Glasgemälden in 5 bis 10 Minuten die herrlichsten farbigen Töne des Originales annimmt, welche in angesäuertem Wasser fixirt, bei Ausschluss heller Beleuchtung auf längere Zeit sich erhalten können. Die bezügliche Erfahrung hat gelehrt, dass die unsichtbaren Strahlenarten des Lichtes, das Ultraroth und das Ultraviolett, die Wirkung der übrigen Spektralfarben für die photographische Farbenreproduktion

beeinträchtigen. Um die chemische Wirkung dieser dem Auge unsichtbaren Strahlen auf die Farbenbilder zu neutralisiren, müssen bei Darstellung von Chromophotographien die Strahlen des Lichtes, ehe sie auf das präparirte Papier einwirken, eine fluorescirende Flüssigkeit passiren, welche jene Strahlen erfahrungsgemäss absorbirt. Derartige Flüssigkeiten sind: schwefelsauere Chininlösung, rohes Petroleum, Kastanienrindenabsud, Chlorophyll u. a. m.

Die Einwirkung des spektralen Ultraroth, der intensiveren Wärmestrahlen, wird am besten durch vorheriges Erwärmen der Platten und Chemikalien unwirksam gemacht. Sind die genannten Vorsichtsmassregeln getroffen, so können farbige Bilder nach oben geschilderten Methoden erzielt werden. Die Erfahrung hat bis jetzt hinsichtlich der Wiedergabe der natürlichen Farben nur als positiv zu Tage gefördert, dass Chlor- und Bromverbindungen des Silbers, besonders violettes Silberchlorür, bei Absorption der unsichtbaren Theile des Spektrums die identischen Farben der übrigen Spektraltheile annehmen, während Jodsilberverbindungen unter gleichen Bedingungen für die komplementären Farben der einwirkenden farbigen Strahlen auf kurze Zeit empfindlich sind, was durch Zenker's Untersuchungen bestätigt wurde.

Die wol einer weiteren Entwicklung noch fähige Heliochromie hat indessen bis jetzt weder für die wissenschaftliche Forschung noch für das praktische Leben ein brauchbares Resultat geliefert.

### F. DER HELIOPIKTOR.

Die Photographie würde sicher zur Förderung naturwissenschaftlicher und medizinischer Studien mehr in Aufnahme gekommen sein, wenn man nicht vor dem vermeintlich umständlichen Apparate zurückgewichen wäre und die Erlernung jener Kunst für sehr schwierig gehalten hätte. Man fühlte das Bedürfniss nach einfacheren Präparationsmethoden und besonders trat das dunkle Laboratorium der Einführung unserer Kunst stets hinderlich in den Weg. Eine leichte, gleichsam automatische Methode mit einer Darstellungsweise zu verbinden, welche das Laboratorium entbehrlich mache, war seither ein unerfüllter Wunsch geblieben.

Das Trockenplattenverfahren (Siehe S. 107) konnte diese Lücke theils wegen der mannichfachen Schwierigkeiten, die es in sich schliesst, theils wegen der Unsicherheit bezüglich der richtigen Expositionszeit nicht ausfüllen. Was die anderen Methoden anlangt, photographische Bilder ohne Dunkelraum auf gleichsam automatische Weise darzustellen, so sind verschiedene Apparate, welche jenen Zweck erfüllen sollten, bekannt.

Bertsch's Apparat besteht aus einem mit Armlöchern versehenen Kasten, in welchem die Plattenpräparation durch eine in den Deckel eingelassene gelbe Scheibe kontrolirt wird. — Die Apparate von Leech, Titus Albites, Anthony und Sabathier Blot beruhen alle auf dem Prinzip der direkten Verbindung von Stehküvetten mit der Camera; es wird bei diesen Erfindungen die Platte eingesenkt, durch verschiedene Mechanismen emporgezogen und in die Kassette eingebracht. Alle diese Methoden leiden an zu grosser Komplizirtheit; nur die von Dr. Weiske verbesserte Kassette von Sabathier Blot, welcher ein mit gelber Scheibe versehener besonderer Entwicklungstrog beigegeben ist, dürfte allen jenen Vorrichtungen vorzuziehen sein, bei welchen der Arbeiter nicht sieht, was er unternimmt; zur Benutzung der entsprechenden Apparate gehört daher viel mehr Umsicht und Uebung, als zu dem gewöhnlichen Verfahren im Dunkelraum.

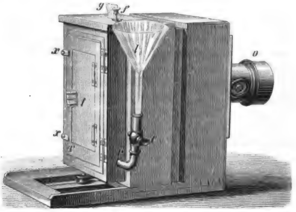


Fig. 145. Camera zum Heliopiktor.

Eine angebliche Vereinfachung der Methode, aber mit Benutzung eines Dunkelzimmers, wurde von P. J. Jule in England versucht, der eine in die Camera eingebrachte abgeschnittene Glasphiole mit flachem Boden, woran die Platte durch Adhäsion haftete, mit Silberlösung füllte, welche durch Neigung über die Platte floss; die in der Camera angebrachte Phiole wurde demnach zum Sensibilisiren benutzt. Die Lösung blieb stets in der Phiole; entwickelt wurde im Dunkelzimmer. — Auf diese Methode stützt sich der bekannte Apparat Dubroni. In einer hölzernen Camera befindet sich eine festgekittete Phiole von gelbem Glase. Diese Phiole hat drei Oeffnungen, eine für die

Digitized by Google

Objektivröhre, eine gegenüber liegende für die aufzulegende Glasplatte, eine dritte, mit kleinerer Bohrung, für das Einschieben einer mit Gummiballon versehenen Spritzpipette. Den erwähnten Oeffnungen entsprechen ähnliche Ausschnitte in der Camera. Silberlösung und »Hervorrufung« werden mit zwei verschiedenen Gummiballons aufgesaugt und in die Phiole vor, resp. nach der Belichtung eingespritzt und wieder herausgezogen, eine Manipulation, welche stets unvermeidliche Spritzflecken auf der Platte verursacht; dabei ist Reinhaltung der Gummiballen entschieden ebenso unmöglich, wie Reinhaltung des ganzen, in der Camera befestigten Glasapparates, denn auch das Objektiv muss von Zeit zu Zeit einer Reinigung von Spritzflecken unterworfen werden. — Neuerdings hat Dubroni eine separirte, auf demselben Prinzipe beruhende Kassette dargestellt, welcher übrigens dieselben Fehlerquellen anhaften.

Fig. 146. Kassette zum Heliopiktor.

Das Ziel, welches ich bei der Konstruktion meiner Apparate im Auge hatte, war, nicht nur dem Landschaftsphotographen die Möglichkeit zu verschaffen, sicher und ohne das beschwerliche Zelt arbeiten zu können, sondern ganz besonders dem Naturforscher, dem Techniker, dem Militair, sowie jedem Dilettanten ein Mittel an die Hand zu geben, ohne grosse Uebung und besonderes Studium photographische Darstellungen anzufertigen.

Mein Apparat, Heliopiktor genannt, besteht aus einer Camera und einer 3 bis 5 Centimeter tiefen Kassette. In Fig. 145 sehen wir den Apparat mit eingeschobener Kassette, in Fig. 146 die Kassette von der einen Seite in Fig. 148 die Kassette von der entgegengesetzten Seite veranschaulicht. Der Schieber der Kassette ist durch eine farbige, braungelbe oder rothe (*h*) Scheibe zum Theil gefenstert. Die Tiefe der Kassette richtet sich nach der Grösse des Objektivs und der Camera. Je grösser das Bild werden soll, desto tiefer muss die Kassette sein, jedoch ist für die grössten, meist üblichen Aufnahmen (ganze Platten) die Tiefe von 4 bis 5 Centimeter nicht zu überschreiten.

Fig. 147. Einsatzküvette zum Heliopiktor.

In der Kassette sitzt ein zum Herausnehmen eingerichteter Glasrahmen ($v$ $v$ $v$ $v$) Fig. 147, der auch von asphaltirtem Holze, Hartkautschuk oder Papiermasse gearbeitet sein kann und dessen hintere Seite durch eine aufsteigende Wand ($b$) zum vierten Theile gedeckt ist. Auf der nach dem Deckel der Kassette befindlichen Seite ist der Rahmen glatt geschliffen, um von einer aufzulegenden mattirten, eingepassten Spiegelscheibe gedeckt zu werden. Zwischen Scheibe und Rahmen wird eine »Dichtung« von weichem, vulkanisirtem Kautschuk eingelegt. Liegt die matte Visirscheibe auf dem Rahmen auf, an welchen sie durch eine seitliche Feder festgedrückt wird, so stellt man das Bild ein, nimmt alsdann die Scheibe von dem Gummirande ab, um solche, wie aus den später zu schildernden Operationen ersichtlich sein wird,

Fig. 148. Heliopiktor (Gesammtansicht).

Fig. 149. Matte Scheibe zum Heliopiktor.

mit der Negativ-Platte zu vertauschen. Bei Anwendung eines gläsernen, gegossenen Rahmens, dessen Ränder spiegelglatt geschliffen sind, ist infolge der Adhäsion eine Gummidichtung überflüssig. Die kollodionirte Spiegelplatte, welche das Negativ tragen soll, wird durch die kräftigen Federn des Kassettendeckels ($p$ $p$) Fig. 146 mittels der Riegel ($x$ $x$ $x$ $x$) Fig. 150 auf die Gummidichtung oder die Glasränder angepresst, sodass ein vollkommen hermetischer Verschluss entsteht; die Wanne zum Silberbade, dessen Boden die mit Jodsilber zu imprägnirende Scheibe selbst bildet, ist alsdann vollendet. Diese Wanne gleicht nun einer zum vierten Theile gedeckten Schale. Um die Silberlösung in den Apparat

zu bringen, befindet sich seitlich eine runde Oeffnung (*e*) Fig. 148, welche einem verhältnissmässigen Ausschnitt (*d*) Fig. 147 im Einsatzrahmen genau entspricht. Durch einen in der Kassettenwand befindlichen Schieber *f* Fig. 150 und 151 ist diese Bohrung verschliessbar. Der Schieber wird durch eine Feder stets nach unten gedrückt und bei *f* in die Höhe gezogen. In die Oeffnung *d e* passt genau eine rechtwinklig gebogene Röhre mit Hahn (*c*), auf welche ein Glastrichter *l* aufgesteckt ist, dessen Grösse dem Raume bei *b* zu entsprechen hat; je mehr Flüssigkeit der durch die Negativplatte und den Rahmen gebildete Hohlraum *b* fasst, d. h. je grösser der Apparat ist, desto grösser muss der Trichter sein. — Für die kleinsten Platten (25 □Centimeter) soll er 10 Gramm, für grosse Platten 100 Gramm Flüssigkeit fassen, entsprechend dem Hohlraume *b* in unseren Figuren.

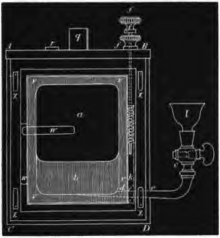


Fig. 150. Heliopiktor (Längsschnitt).

Fig. 151. Heliopiktor (Querschnitt).

Befindet sich die Röhre *ecl* in der Oeffnung *e*, so wird der sehr elastische Schieber *f* durch den Widerstand der Röhre *e c* nach oben gehalten. Im Augenblicke, wo die Röhre herausgezogen wird, klappt der Schieber, ehe noch die Röhre die Wand des Apparates verlassen hat, herunter und die Oeffnung ist lichtdicht verschlossen. Bei *g* befindet sich eine Schleife zum Aufziehen des gefensterten Schiebers *h*, bei *r* ein Riegel zum Verschliessen desselben, bei *w* eine Feder zum Festhalten der Visirscheibe. Letztere kann, wie bei den gewöhnlichen Apparaten, durch einen eigenen Holzrahmen (Fig. 149) mit eingelassener, matter Scheibe, *M*, ersetzt werden. Ich betone besonders, dass der Einsatzrahmen

*vvvv* Fig. 147 bei *b* keinen Trog enthält, wie man glauben könnte, sondern wie aus dem Querschnitt Fig. 150 und 151 ersichtlich ist, nur eine feste Rückwand *b* besitzt, die Vorderwand des bei jeder Aufnahme erst entstehenden Troges bildet die Negativplatte selbst; *ss* in Fig. 151 ist die Negativplatte, *tt* der Auflagerand des Rahmens, *v*, *v* oberer und unterer Rand des Rahmens und unten, bei *r* rechts, das Stück der hinteren aufsteigenden Holz- oder Glaswand, bis zu deren Höhe die Flüssigkeiten eingelassen werden dürfen.

## GANG EINER PHOTOGRAPHISCHEN AUFNAHME MIT DEM HELIOPIKTOR.

### ERSTE OPERATION.

Eine matte Scheibe wird mittels der Feder *w* auf den Rahmen *vvvv* Fig. 150 aufgelegt, oder die betreffende besondere Vorrichtung Figur 149 in die Camera eingeschoben und das Bild in der bekannten Weise scharf eingestellt.

### ZWEITE OPERATION.

Die Kassette wird von der Camera weggenommen, die matte Scheibe herausgezogen und bei Seite gelegt.

### DRITTE OPERATION.

Eine gereinigte Spiegelglasplatte von geeigneter Grösse wird in Wasser getaucht und mit einer Albuminlösung (destillirtes Wasser 800 G., frisch geschlagenes Eiweiss 25 G., Eisessigsäure 10 Tropfen, Jodkali 0.50 G.) übergossen und getrocknet. Es ist gut, wenn man sich derartig albuminirte getrocknete Platten im Vorrath anfertigt. Eine solche wird mit Jodkollodium gleichmässig übergossen. Das überfliessende Kollodium lässt man an einer Ecke wieder in die Vorrathsflasche zurückfliessen. Sobald das Kollodium an der unteren Ecke sich butterweich anfühlt, wird die Platte mit der kollodionirten Seite auf den Rahmen (Fig. 150) aufgelegt und mittels des Deckels *h* und der Federn *pp* (Fig. 152) durch Vorschieben der vier kleinen Riegel *xxxx* (Fig. 150) fest auf den abgeschliffenen Rand des Rahmens oder die Gummidichtung aufgepresst, auf diese Weise die Kassette geschlossen und senkrecht gestellt.

Fig. 152. Deckel.

VIERTE OPERATION.

Das Trichterrohr *l c e* wird mit geschlossenen Hahnen in die Oeffnung *e d* eingeschoben, nachdem der federnde Schieber *k* bei *f* emporgezogen wurde. In den Trichter *l* wird (mittels eines passenden Massgefässes) so viel salpetersaure Silberlösung (1 arg. nitr. 10 aq. dest. 1 Tropfen acid. nitr.) eingegossen, als der Hohlraum bei *b* fassen kann, was durch die grosse gelbe oder rothe Scheibe *h* genau kontrolirt wird. Die Scheibe kann auch während dieser Prozedur in die Höhe gezogen sein. Nachdem der Trichter gefüllt ist, wird der Hahn geöffnet, damit die Flüssigkeit in den Hohlraum bei *b* einlaufe. Rothe Scheiben (dunkles Carmoisinroth) sind zu bezüglicher Verwendung günstiger als dunkelgelbe, da letztere, wenn sie die Lichtwirkung vollkommen abzuschliessen geeignet sein sollen, meist zu dunkel für den Durchblick bei der Hervorrufung des Bildes sein würden. — Die zu verwendenden Scheiben werden am besten auf ihre Brauchbarkeit für die automatische Kassette dadurch geprüft, dass man unter denselben einige Stunden lang, mittels einfachen Einlegens in den Kopirrahmen, lichtempfindliches Papier belichtet. Es wird sich alsdann herausstellen, dass selbst ziemlich durchsichtiges rothes Glas fast keine Nachdunkelung des Papieres zulässt, während durch orangegelbes Glas, von demselben Durchsichtigkeitsgrad, eine merkliche Bräunung des Papieres veranlasst wird. Ist die Scheibe wieder herabgesenkt, so wird der Hahn *l* geschlossen und die Kassette sanft umgelegt, sodass die grosse gelbe Scheibe nach oben steht und die Silberlösung auf einmal über die kollodionirte Glasscheibe fliesst. Durch Auf- und Abbewegen der Kassette befördert man die Bildung der weissen Jodsilberschicht, deren Gleichmässigkeit man nach circa zwei Minuten erreicht hat. Jede Thätigkeit wird durch die grosse farbige Scheibe *h* kontrolirt. Sobald die Flüssigkeit nicht mehr streifig abfliesst, stellt man den Apparat wieder senkrecht, dreht das Rohr *m c e* nach unten, öffnet den Hahn, die Silberlösung wird bis zum letzten Tropfen bei *m* (Fig. 153) ausfliessen und kann in die Vorrathsflasche sofort

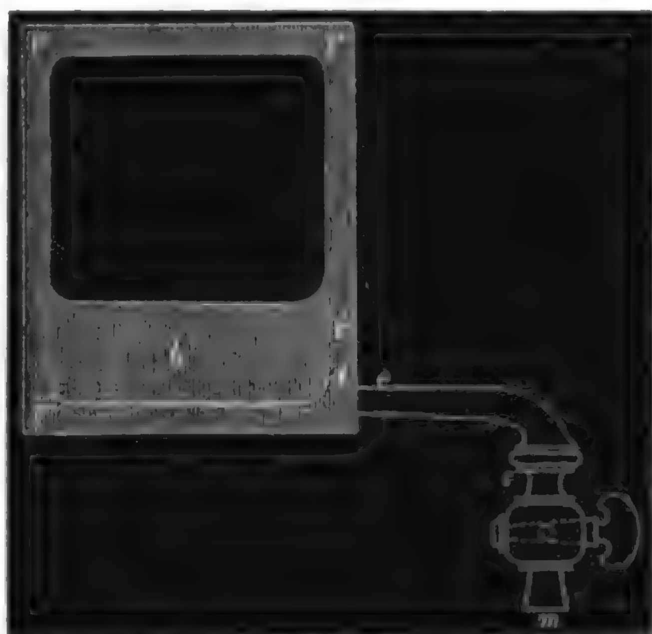


Fig. 153. Heliopiktorküvette mit Ausflussrohr.

durch ein Filter zurücklaufen. Ist dies geschehen, so zieht man das Rohr nebst Hahn heraus und der Schieber *k* wird momentan durch Druck der Feder *i* die Oeffnung *d* lichtdicht verschliessen. Man ziehe niemals das Trichterrohr aus dem Apparate, so lange noch Flüssigkeit in demselben sich befindet, da die Klappe *k* nur den Zweck eines lichtdichten Verschlusses hat und der Flüssigkeitsabschluss stets durch die Röhre *e c m* selbst zu geschehen hat.

FÜNFTE OPERATION.

Man schiebe nun die Kassette wiederum in die Camera, öffne den Riegel *r* und ziehe den mit der farbigen Scheibe versehenen Schieber *g* bei *q* in die Höhe, öffne den Deckel des Objektivs und exponire je nach Bedarf.

SECHSTE OPERATION.

Ist genügend exponirt, so schliesse man den Deckel des Objektives, senke den Schieber *g* herab, schliesse den Riegel *v*, nehme die Kassette heraus und füge eine zweite mit Hahn und Trichter versehene Röhre zum Zweck der Entwicklung des Bildes bei *e* in den Apparat, indem man in demselben Augenblicke die Feder *i* bei *f* in die Höhe zieht, um das Rohr *e* bei *d* in den Rahmen *v v* einzuschieben. Nun öffnet man den Hahn und giesst durch den zweiten Trichter die Entwicklungsflüssigkeit (z. B. Pyrogallussäure oder schwefelsaure Eisenoxydullösung) auf gleiche Weise wie die Silberlösung in den Apparat. Man legt nun den Apparat sanft horizontal, sodass die Entwicklungsflüssigkeit mit einem Male über die Platte fliesst und kontrolirt wiederum durch die grosse Scheibe, indem man das Licht durch die gegenüberliegende, in den Deckel eingelassene kleine rothe Scheibe *h* (Fig. 152) nach Aufziehen des betreffenden kleinen Schiebers, welcher die Scheibe deckt, durchtreten lässt. Ist genügend entwickelt, so stellt man den Apparat wieder senkrecht und lässt nach Umdrehung der Röhre die Entwicklungsflüssigkeit bei *m* abfliessen. Hierauf dreht man den Hahn wieder nach oben, giesst genügend Wasser zur Reinigung der Platte in den Trichter und verfährt auf analoge Weise mit dem Ausfliessenlassen des Wassers. Auch kann man das Bild, wenn erwünscht, auf gleiche Weise verstärken.

Fig. 154. Querschnitt der Küvette.

SIEBENTE OPERATION.

Nun drehe man die Kassette herum, öffne die vier Riegel bei *x x x x* und nehme die Platte heraus, um sie nochmals zu waschen, mit unterschwefligsaurem Natron zu fixiren, zu wärmen und zu lackiren.

Digitized by Google

ACHTE OPERATION.

Sobald die Platte von dem Rahmen abgenommen ist, nehme man letzteren (Fig. 154) aus dem Apparat und lege ihn in reines Wasser, um ihn zu säubern. Letztere Operation ist sehr einfach, da der Rahmen nur abgerundete Winkel und glattausgehöhlte Ecken hat. Man trockne den Rahmen und setze ihn wieder in den Apparat, um eine weitere Aufnahme vornehmen zu können. Jedem Apparat sind zwei Einsatzrahmen zum Abwechseln beigegeben.

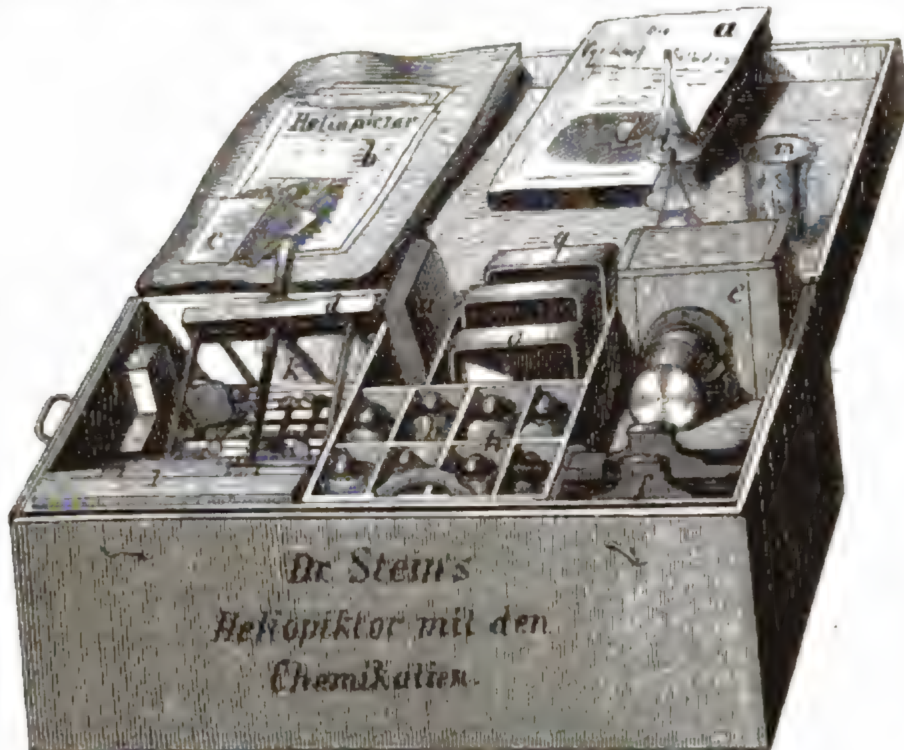



Fig. 155. Heliopiktorkasten mit Chemikalien.

Was den Kopirprozess und die anzuwendenden Chemikalien anbelangt, so werden dieselben Methoden, wie wir sie in den vorangegangenen Kapiteln geschildert, benutzt. Nach dem Vorgange der von Oskar Kramer in Wien dargestellten kleinen Gesammtapparate für die Photographie, habe ich den soeben geschilderten Apparat mit den nöthigen Chemikalien, einschliesslich des Kopirprozesses, in einem handlichen Kasten zusammenstellen lassen. Der Kasten ist in Fig. 155 ersichtlich; er enthält die Camera (*e*), die heliopiktorische Kassette (*f*), Putzbret (*d*), Kopirrahmen (*k*), Schalen (*g*), Messgefäss (*m*), einen Kasten mit präparirten lichtempfindlichen Papieren (*i*), verschiedene Trichter (*l*), die Chemikalien (*h*), Carton zum Aufkleben (*c*), genaue Beschreibung der photographischen Prozesse im Allgemeinen (*a*) und genaue Anweisung zum Gebrauche des Heliopiktor (*b*).

Die hauptsächlichen Vorzüge des beschriebenen Apparates bestehen erstens in dessen einfacher Handhabung überhaupt, zweitens in der

Entbehrlichkeit eines Dunkelzimmers und drittens in der leichten Transportabilität der gesammten zur Photographie nothwendigen Utensilien.

Mittels eines Trichters werden die Chemikalien in den photographischen Apparat eingefüllt; dieselben fliessen nach der Benutzung durch eine gebogene Röhre in die Aufbewahrungsflaschen wieder zurück; Präparirung, Entwicklung und Fixirung der Platte geschehen bei heller Tagesbeleuchtung unter Kontrole des beobachtenden Auges, sodass der Erfolg oder das Misslingen einer Operation sofort entschieden werden kann, mithin ist im Gegensatze zu dem auf Seite 107 geschilderten Trockenplattenverfahren eine grössere Sicherheit der Darstellung geboten.

Diese Vortheile veranlassten mich, den oben geschilderten Apparat mit den verschiedensten zu wissenschaftlichen Untersuchungen gebräuchlichen optischen Hülfsmitteln in Verbindung zu bringen, um besonders dem Naturforscher und dem Arzte die Anwendung der Photographie in bequemer Weise zugänglich zu machen. Will z. B. der Astronom sich mit der Photographie der Himmelskörper befassen und stehen ihm keine besonderen photographisch-astronomischen Hülfsmittel zu Gebote, so kann er in einfachster Weise durch Vereinigung des Heliopiktor mit den im nächsten Kapitel zu schildernden astronomischen Instrumenten das gewünschte Ziel erreichen.

Unsere Netzhaut nimmt durch Vermittelung optischer Instrumente sowol die Bilder der materiellen Körper, als auch die Eindrücke der nicht greifbaren Naturerscheinungen in sich auf. So wie durch den einfachsten optischen Apparat, durch die Krystallinse, mannichfache Bilder auf jene empfindliche Schicht unseres Auges geleitet werden, ebenso können alle Naturgebilde durch die vergrössernde oder verkleinernde Vermittelung geeigneter lichtbrechender Instrumente in objektiver Erscheinung auf die matte Scheibe einer Camera obscura geworfen und durch die in dem allgemeinen Theile dieses Buches geschilderten photographischen Methoden als dauerndes Bild dargestellt werden.

Wir wollen uns nun in den folgenden Kapiteln bemühen, jene optischen und photographischen Einrichtungen, theils nach den Schilderungen bewährter Forscher, theils auf eigene Untersuchungen gestützt, sachlich und kritisch darzulegen.

(Die Erklärungen der zu Kapitel IV gehörigen Tafeln I bis IV finden sich am Schlusse dieses Buches.)

---

# II.

# SPEZIELLER THEIL.

## FÜNFTES KAPITEL.

## ASTRONOMISCHE PHOTOGRAPHIE.

### A. DIE OPTISCHEN UND TECHNISCHEN HÜLFSMITTEL ZUR ASTRONOMISCHEN PHOTOGRAPHIE.

Die Vortheile, welche die Anwendung der Photographie auf das Studium der Gestirne und für die Aufzeichnung der Sternbahnen darbietet, lassen sich nach drei Richtungen betrachten: erstens in Bezug auf die Wiedergabe der physischen Gestalt der Himmelskörper selbst (Sonnen- und Mondphotographien), zweitens in Betreff der relativen Stellung zweier Gestirne zu einander (Sonnenfinsternisse — Doppelsterne — Sternbilder) und drittens rücksichtlich der auf den gewonnenen Photographien vorzunehmenden Messungen und Berechnungen (Planeten-Vorübergänge — Mond- und Sonnenkarten etc.).

Um diesen Zweck zu erreichen ist in erster Linie eine in einen Rahmen eingelassene mattgeschliffene Scheibe (Siehe Figur 149) in der Weise mit dem zu benutzenden Fernrohre in Verbindung zu bringen, dass die Linsen- und Spiegelsysteme ein objektives Bild auf der erwähnten Glasplatte zu erzeugen im Stande sind. Dieses Bild muss je nach Entfernung und Grösse des zu photographirenden Weltkörpers durch Verschiebung des Okulars scharf auf der matten Scheibe eingestellt werden können. Eine Vorrichtung, die matte Scheibe mit einer lichtempfindlichen präparirten Platte zu vertauschen, muss selbstverständlich getroffen werden.

Spiegelteleskope eignen sich zur astronomischen Photographie besser als Linsenfernrohre. Während der Lichtverlust bei den erstgenannten Instrumenten selbst bei zweimaliger Spiegelung mittels gut gesilberter Glasspiegel nur ca. 17 Prozent beträgt, erreicht er bei den Objektiven der besten Linsenfernrohre gegen 23 Prozent.

Das Refraktionsfernrohr, auch dioptrisches Fernrohr oder kurz Refraktor genannt, ist bekanntlich aus brechenden Linsensystemen

zusammengesetzt, während das Reflexionsteleskop oder katoptrische Fernrohr, auch einfach Teleskop genannt, aus einer Kombination spiegelnder Flächen besteht.

Fig. 156. Stellung der Linsen im Refraktor.

Vergegenwärtigen wir uns in Kürze die optischen Systeme der beiden Instrumente. In Figur 156 begegnen wir dem Refraktionsfernrohre. Es ist aus zwei Linsensystemen zusammengesetzt, dem kleineren Okulare und dem grösseren Objektive. — Das durch die Objektivlinse *R* gebildete im Tubus des Fernrohres entstehende reelle Bild *ab* (Fig. 157) des im Weltraum gedachten Körpers *A B* wird durch das Okular *S* vergrössert in einiger Entfernung bei *A' B'* wahrgenommen. — Der Reflektor dagegen, Fig. 158, und Fig. 159 besteht aus einer Kombination der Okularlinse mit reflektirenden Spiegeln. Das Okular kann an dem einen Ende des Teleskopes oder seitlich angebracht sein; die von *A B* kommenden Strahlen werden durch den Hohlspiegel *M M* in den kleinen Spiegel *m* reflektirt und von hier aus in das Auge des Beschauers geworfen, welches sich hinter dem in der Mitte durchbohrten Hohlspiegel *M M* befindet. Das Auge versetzt mit Hülfe des Okulares das vergrösserte Bild *A' B'* in die Verlängerung der Strahlen *a A'* und *b B'*. In Fig. 159 ist das Okular seitlich angebracht und wird daher das Bild von der betreffenden Richtung aus wahrgenommen, d. h. direkt in dem Spiegel *m* beobachtet. (Vergl. die Abbildungen der Teleskope S. 159 und S. 160.)

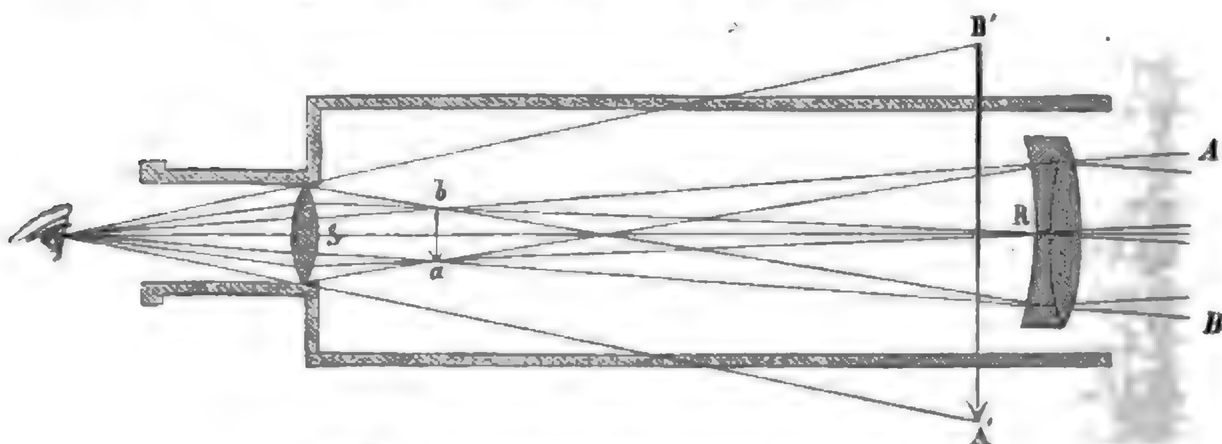



Fig. 157. Brechung der Lichtstrahlen im Refraktor.

Ein Hauptерforderniss für genaue astronomische Beobachtungen, besonders aber für die Astro-Photographie ist die richtige Aufstellung der Instrumente. — Zu diesem Zwecke dienen drei Vorrichtungen:

der Theodolit, der Mittagskreis und das Aequatorialinstrument. Der Theodolit dient sowol dazu, die Sonnenhöhe, als auch die Richtung der Mittagslinie zu bestimmen; ein solches Instrument ist in Fig. 160 dargestellt. Es besteht bekanntlich im Wesentlichen aus zwei feingetheilten Kreisen *Q* und *C*; die Fussschrauben *VV* dienen zum Horizontalstellen; das neben dem Kreise *C* befindliche Fernrohr *L* lässt sich sowol in der Achse *X* als in in der Achse *Y* nach allen Richtungen des Himmels stellen und wird der Drehungswinkel desselben durch Ablesen mittels kleiner Mikroskope bewerkstelligt.

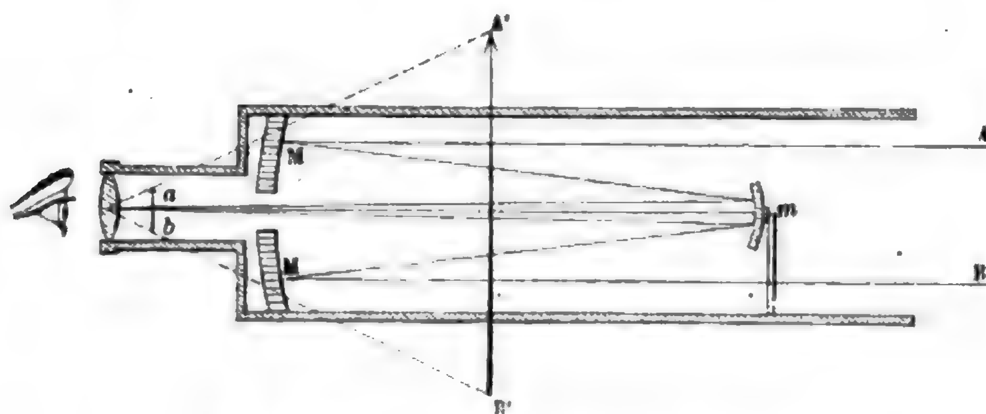



Fig. 158. Spiegelung der Lichtstrahlen im Reflektor.

Ein zweites Fernrohr *L'* dient dazu, Stellung und Richtung des Apparates zu kontroliren, während die Metallmasse *P* dem oberen Instrumente das Gegengewicht hält. Wenn dasselbe richtig aufgestellt und nivellirt ist, sollen die Nullpunkte des Nonius (Fig. 161) auf die Zahlen Null und 180 der Theilung der beiden feingetheilten Kreise zeigen.

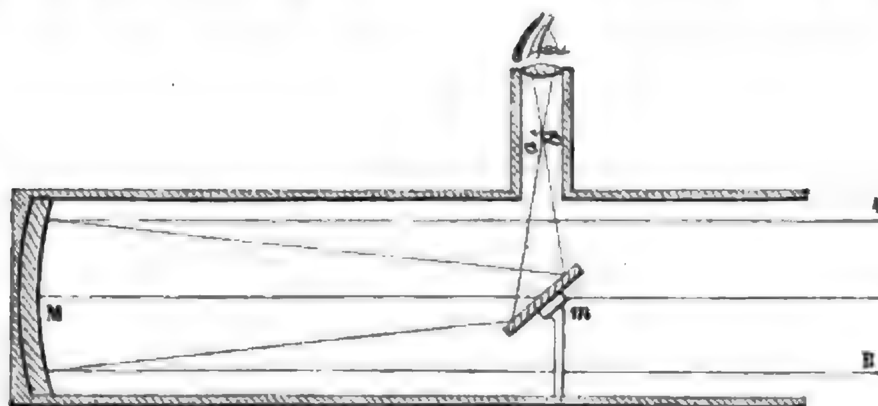



Fig. 159. Seitliche Stellung des Okulars am Reflektor.

Richtet man das Fernrohr höher oder tiefer, so kann die Grösse der Drehung an den Nonien bei *m* und *m'* abgelesen werden. Im Okulare des Fernrohres befindet sich ein Mikrometerapparat (Fig. 162), mit welchem die gegenseitige Entfernung zweier Gestirne gemessen wird.

Der Mittagskreis oder Meridiankreis ist ein mit dem Fernrohre verbundener Höhenkreis, der in der Ebene des Meridianes drehbar ist.

Alle durch die Weltachse *N S* Fig. 163 gelegten Ebenen schneiden die Himmelskugel in grössten Kreisen, welche den Namen der Deklinationskreise, oder Stundenkreise führen. Durch jeden Stern kann man sich einen Stundenkreis gelegt denken, welcher rechtwinklig auf der Ebene des Aequators *A Q* zu stehen kommt. Der Viertelkreis *N O C* Fig. 163 ist ein Theil des einem Sterne *O* angehörigen Stundenkreises. Das Bogenstück *O C* dieses Stundenkreises, welches zwischen dem Sterne und dem Aequator liegt, nennt man die Deklination, oder die nördliche und südliche Abweichung eines Sterns oberhalb und unterhalb vom Aequator.

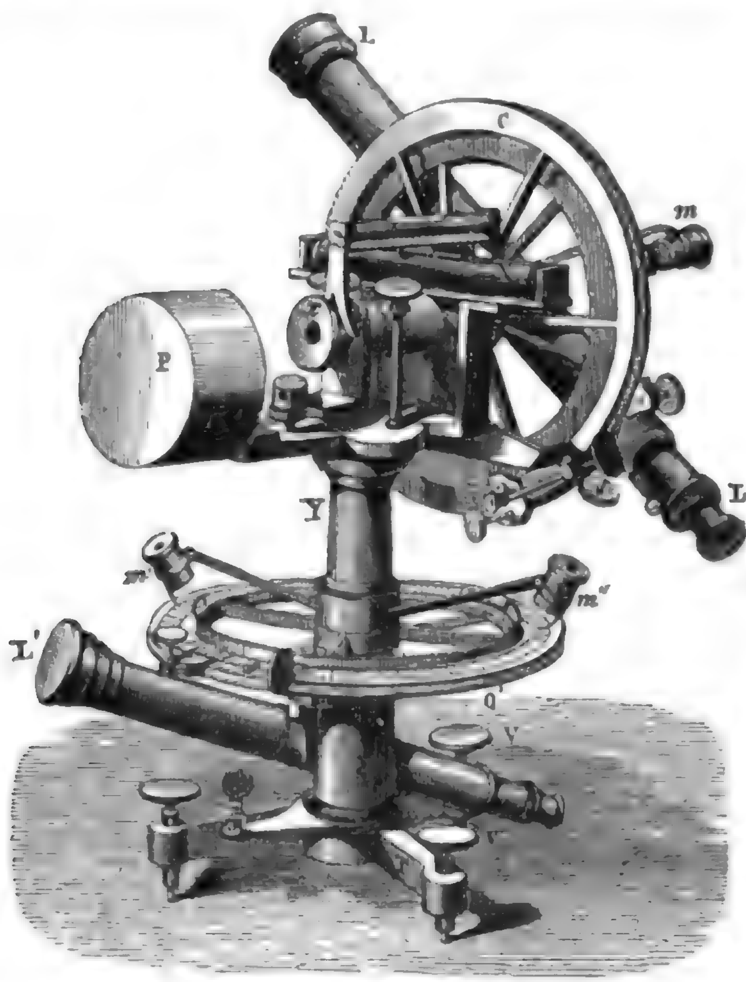


Fig. 160. Theodolit.

Der Bogen *O N*, das heisst die Entfernung des betreffenden Gestirnes vom Nordpole *N* ist dessen Poldistanz; zur Deklination addirt ergänzt sich solche stets zu einem Winkel von 90°. — Der Winkel, welchen der Stundenkreis *N O C* mit dem Meridian *N Z A* beschreibt, wird der Stundenwinkel genannt, welcher auf dem Aequator durch den Bogen *A C* messbar ausgedrückt ist, während der Bogen des Aequators vom sogenannten Frühlingspunkt *L* nach Osten bis zum Deklinationskreis eines Sternes die Rektascension *L C*, oder gerade Aufsteigung genannt wird. Durch Rektascension und Deklination ist die scheinbare Stellung eines Weltkörpers am Himmel vollkommen bestimmt.

Der Unterschied zwischen Theodolit und Aequatorial besteht im Grunde genommen nur in der Aufstellung und könnte man jeden Theodolit in ein Aequatorial verwandeln, wenn man die Achse (*Y* Fig. 160) der Weltachse parallel stellen und entsprechend den Ring *Q* zur Ablesung

der Stundenwinkel, den Ring *C* zur Ablesung der Deklination benutzen würde. — Fig. 164 II, links vom Beobachter, stellt ein Fernrohr in aequatorialer Aufstellung dar, wie sie auf Sternwarten zu finden sind. Die der Weltachse parallele Umdrehungsachse *A A* ist durch die steinernen Pfeiler *P*, *P′* und eine obere Eisenstange getragen, *A* ist der Aequatorialkreis, *C* der Deklinationskreis. Der Nonius des Deklinationskreises steht auf Null, wenn die Achse des Fernrohres in der Ebene des Aequators steht und mit *A A* einen rechten Winkel bildet. Das Instrument, Fig. 164 I, rechts vom Beobachter ist das Mittagsrohr oder das Passage-Instrument.

Fig. 161. Nonius.

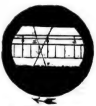


Fig. 162. Mikrometer.

Alle astronomisch- photographischen Apparate bestehen aus drei Theilen, dem mit den geschilderten Vorrichtungen versehenen Fernrohre, einem Uhrwerke, welches der scheinbaren Bewegung des Gestirnes, das photographirt werden soll, genau folgt, und der photographischen Vorrichtung, welche aus einer einfachen Kassette besteht, die vor das Okular des Fernrohres befestigt wird.

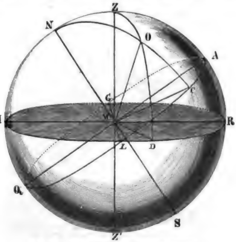



Fig. 163. Eintheilung des Himmelsgewölbes.

Fast ein jedes astronomische Fernrohr eignet sich, sobald es in eine aequatoriale Stellung gebracht werden kann, zum Photographiren; so z. B. das aequatorial aufgestellte Spiegel-Teleskop von Léon Foucault, welches von Secretan in Paris konstruirt worden ist (Fig. 165). Ganz analog diesem aus Tannenholzbretern gezimmerten Instrumente, ist das kupferne Merz-Frauenhofer'sche Instrument gebaut (Fig. 166). *A B* ist der metallene Tubus des Teleskopes, die punktirte Linie *B* deutet den

Reflexionsspiegel an. Seitlich oben in *C* befindet sich das Okular, durch welches vermittels eines Prisma das im Brennpunkte des Spiegels

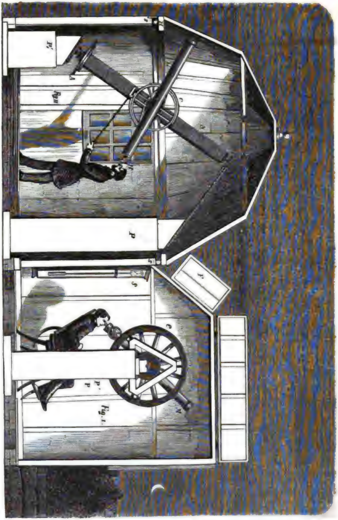


Fig. 161. Einrichtungen auf Sternwarten.

dargestellte Bild dem Auge zugeführt wird. Der Stundenkreis ist in *P Q*, der Deklinationskreis in *D* gezeichnet. Um derartige Teleskope zur photographischen Darstellung der Himmelskörper benutzen zu

Digitized by Google

können, wird das Okularstück bei *C* entfernt und durch einen Doppelring (Fig. 167) ersetzt; an den centralen Ring dieser Vorrichtung wird die Camera mit der lichtempfindlichen Platte angeschraubt; der Ring dreht sich bei *c* in einem Schraubengewinde, sodass durch das

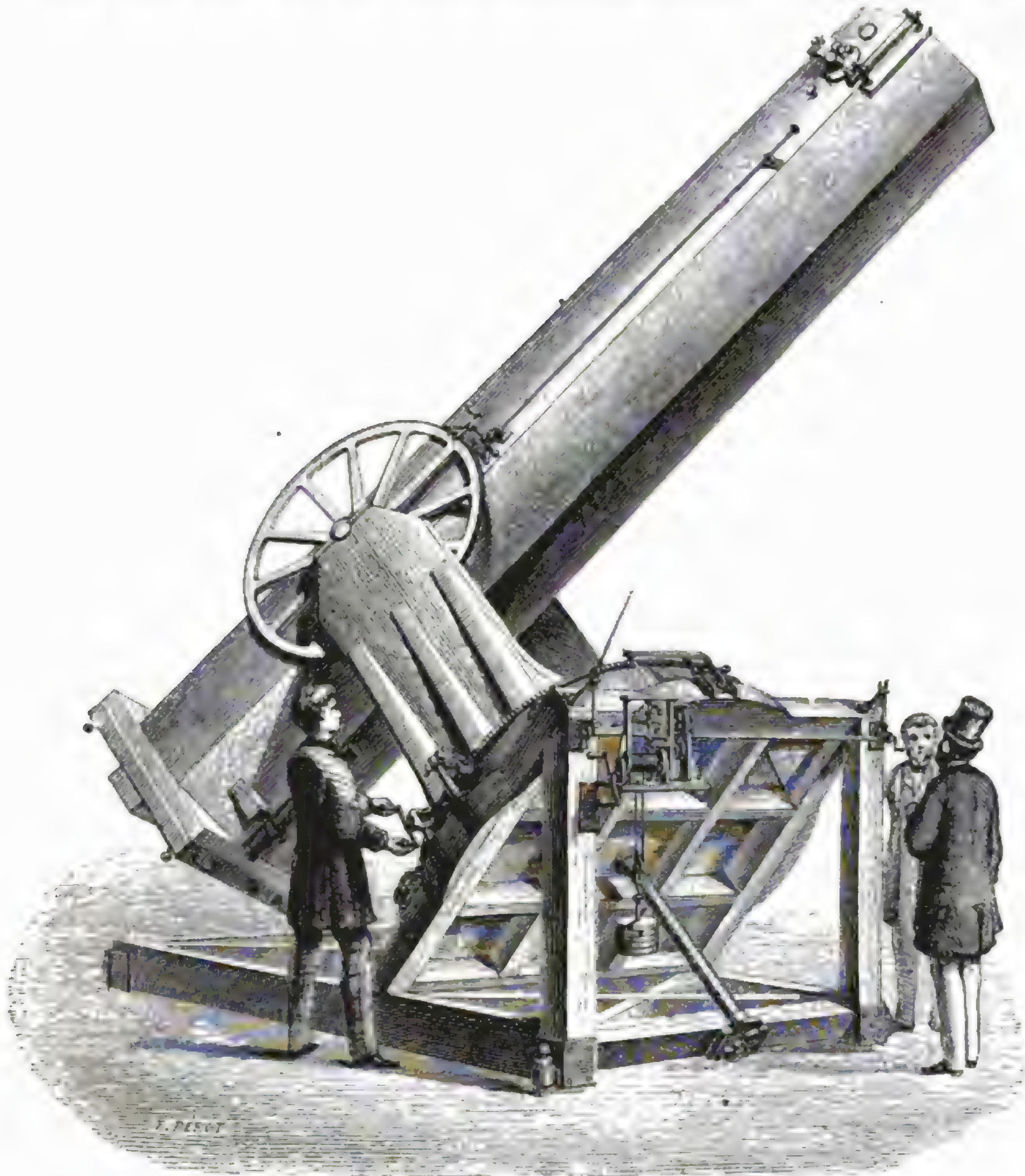


Fig. 165. Spiegelteleskop von Secretan.

Drehen des äusseren Ringes die auf drei Radialstangen gehaltene kleine Camera mit ihrer matten Scheibe in ganz geringen Entfernungen auf und ab geführt werden kann, wodurch eine sehr genaue Einstellung ermöglicht wird. Die matte Scheibe und die Kassette für die lichtempfindliche

Platte sind in einen Rahmen zum Zwecke der raschen Aufeinanderfolge von Einstellung und Aufnahme zusammengefügt.

Auch bei dem von John Browning in London angefertigten grossen Spiegelteleskope (Fig. 168), mit welchem bei der Sonnenfinsterniss am 18. August 1868 gearbeitet wurde, ist die photographische Einrichtung seitlich angebracht. Das Fernrohr *A A* ist mittels eiserner Ringe *c c* auf der Deklinationsachse befestigt und wird durch *D* im Gleichgewicht gehalten.

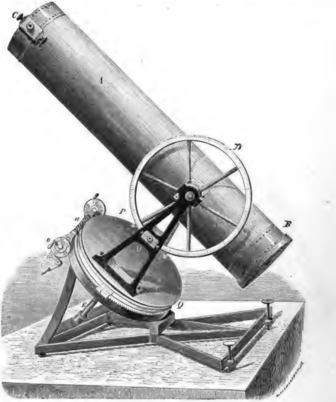



Fig. 166. Spiegelteleskop von Merz.

Wir begegnen hier wieder, wie bei allen betreffenden Instrumenten in *E* dem Aequatorialkreis, welcher auf dem Nonius *H* die Rektascension angiebt. Das Gewicht *N* contrabalancirt die ganze Vorrichtung, das Gewicht *U* bewegt das treibende Uhrwerk, welches im Kasten *T*

Digitized by Google

eingeschlossen ist. — Das Okularrohr *R* (Fig. 169) ist mit der Kassette *D* verbunden und wird seinerseits am oberen Ende des Tubus aufgeschraubt. In *d* Fig. 169 finden wir eine Mikrometerschraube für das Nähern und Entfernen des Okulares zum Behufe scharfer Einstellung auf der matten Scheibe, welche in die Kassette Fig. 170 eingelegt wird. Das in derselben sichtbare Fadenkreuz bildet sich bei jeder photographischen

Fig. 167. Doppelring.

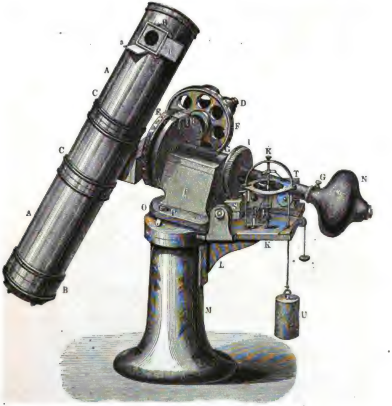



Fig. 168. John Browning's photographisches Teleskop.

Aufnahme mit auf der Platte ab und bezweckt, dass die genaue Stellung der Sonnenscheibe auf jedem Bilde sich sofort deutlich zu erkennen gebe.



Digitized by Google

Dem ganzen Apparate sind mehrere Kassetten beigegeben, welche zur Beschleunigung der Aufnahmen, hinter einander eingeschoben und später gemeinsam entwickelt zu werden pflegen. Fig. 171 zeigt einen Durchschnitt des Browning'schen Phototeleskopes; die auf den grossen Reflektor *B* fallenden Strahlen werden auf den Planspiegel *m n* geworfen und gelangen von hier aus durch das Okular *R* in das Auge des Beobachters oder auf die in der Kassette (Fig. 169 und 170) befindliche präparirte Glasplatte.

Fig. 169. John Browning's photogr. Okular.

Anders verhält es sich bei den Refraktoren. Die Figg. 172 bis 174 zeigen das photographische Fernrohr des Observatoriums zu Wilna. *N O* ist ein Fuss von Gusseisen, auf welchem der Aequatorialkreis *U* mit der polaren Achse *S* ruht. Letztere ist zwischen *y* und *U* leicht drehbar. Der Stundenkreis wird durch ein Okular *l* am Nonius bei *V* abgelesen; an das obere Ende *y* der Stundenachse schliesst sich ein Metallstück *C*, in welchem die Deklinationsachse *G* ruht. *FE* ist der Deklinationskreis mit der zugehörigen Stellschraube *H*. *b b* sind die Nonien des Deklinationskreises. In *M D* ist das Uhrwerk, welches durch geeignete Rädersysteme die Schraube ohne Ende *g* bewegt, die wiederum in die gezahnte Peripherie des Stundenkreises eingreift. An der Achse *G* des Deklinationskreises ist mittels starker Ringe *K I* und *L I* das Phototeleskop *A B* angeschraubt, während das schwere Gewicht *i* das Instrument in Gleichgewicht hält. In Fig. 173 ist das Fernrohr allein abgebildet. Das Objektiv von 3 Zoll Durchmesser ist bei *D* an den Tubus befestigt, bei *I* verschiebbar und durch die Schraube *E* festzustellen: das Bild des zu photographirenden

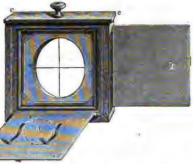


Fig. 170. Kassette zu Browning's photogr. Teleskop.

Fig. 171. Gang der Lichtstrahlen in Browning's photogr. Teleskop.

Weltkörpers entsteht im zweiten Drittel des Tubus, an der Brennpunktstelle des Objektivs und wird von dort durch ein Okular in einer

Fig. 172. Photographisches Uhrwerk am Wilnaer Fernrohre.

Grösse von 15 Centimeter auf die matte Scheibe *B* geworfen. Die metallene Camera *A* ist circa 50 Centimeter lang, die Kassette *B*, von



Digitized by Google

**Mahagoniholz, entspricht den in dem allgemeinen Theile dieses Buches** erwähnten Vorrichtungen. Bemerkenswerth ist der bei *F* angebrachte Momentanverschluss, der durch die Feder *a* (Fig. 174) in Spannung gehalten und von einem Arm *D* mittels einer Rolle getragen wird, über welche der gespannte Gummifaden *b* läuft. Im geeigneten Momente wird der Faden durchschnitten. Zwischen dem Faden *b* und der Feder *a* befindet sich der Verschluss *B* Fig. 174, dessen innere Einrichtung in Fig. 175 ersichtlich ist. *ADCB* stellt den Hohlraum zwischen der Tubusröhre und der in letzterem sitzenden Röhre des Momentanverschlusses dar. *KE* ist das Verschlussbret, welches über *I* eine runde Oeffnung besitzt. Im Momente, wo diese durch die Kraft der Feder *a* (Fig. 174) nach Trennung des Fadens *bc* (Fig. 173) an dem im Tubus befindlichen Sonnenbilde vorbeischnellt, giebt das Okular *c* (Fig. 174) das vergrösserte Bild der Sonne auf der empfindlichen Platte der Kassette *B* (Fig. 173) wieder. Zum Behufe regelmässig sich wiederholender Sonnenaufnahmen wird das Bild mit Hülfe des

Fig. 173. Photographische Einrichtung am Wilnaer Fernrohre.

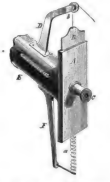


Fig. 174. Okular mit Momentanverschluss.

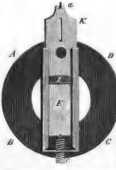


Fig. 175. Verschlussbretchen.

Digitized by Google

Aequatorials einmal eingestellt und diese Einstellung wird nur von Zeit zu Zeit verifizirt. Das Uhrwerk veranlasst die stete Uebereinstimmung mit dem Sonnenstande. Im Uebrigen benutzt man das photographische Ansatzstück *B* gerade so wie bei einer gewöhnlichen photographischen Aufnahme.

Mr. J. B. Airy, Direktor der Sternwarte zu Greenwich, bedient sich zur photographischen Aufnahme der Himmelskörper eines doppelten Objektivs, das er mit einem eigenthümlich konstruirten aequatorialen Mechanismus in Verbindung bringt. — Die Achse *E* Fig. 176 steht parallel der Erdachse und ist mit dem Stundenkreise und dem Nonius *i* versehen. *D* ist die Deklinationsachse, *v* der Deklinationskreis, *g* das Gegengewicht.

Fig. 176. Photographisches Teleskop zu Greenwich.

Die dritte Achse *N* trägt das durch die Ringe *a*, *b* befestigte photographische Fernrohr *AB*, welches durch das Gewicht *d* balancirt wird. Dasselbe dreht sich demnach um die Achse *N*, diese um die Achse *D* und das Ganze wiederum um die Achse *E*. — Auf diese Weise kann das Teleskop jeden beliebigen Bogen am Himmel durchlaufen, ist daher zur photographischen Darstellung von Himmelskörpern, welche von der täglichen Bewegung abweichen, z. B. der Kometen, besonders geeignet.

Digitized by Google

Auf der von Bülow'schen Sternwarte des Astronomen O. H. L. Vogel zu Bothkamp in Holstein wird das Okular des dortigen Refraktors durch einen aus zwei achromatischen Linsen bestehenden Apparat ersetzt, von denen die vordere kleinere, welche der photographischen Platte am nächsten liegt, eine Oeffnung von 30 mm. und eine Brennweite von 102 mm., die andere grössere eine Oeffnung von 50 mm. und eine Brennweite von 147 mm. besitzt. Das Objektiv des Fernrohres ist nicht chemisch achromatisirt und ist die Brennweite für chemische Strahlen 13 mm. grösser, als für das optische Bild. Aus den Mittheilungen des Assistenten jener Sternwarte, O. Lohse, entnehmen wir, dass die Camera obscura, welche zu den bezüglichen photographischen Aufnahmen verwendet wird, aus zwei mit Hülfe einer Schraube in einander verschiebbaren Cedernholzkästchen besteht. Lohse schreibt: »Dieselbe wird mittels der Hülfe des Vergrösserungsapparates, der zwei Gewinde trägt, von denen das eine links, das andere rechts geschnitten ist, an das untere Ende des Fernrohres angeschraubt. Innerhalb der Camera wird an der Fassung der oben erwähnten kleineren Linse der Moment-Verschluss angebracht. Dieser besteht aus einem länglichen Bretchen *a* (Fig. 177), auf welchem sich mit möglichst wenig Reibung ein Schlitten *b* bewegt, der eine spaltförmige Oeffnung *s* besitzt, deren Weite verändert werden kann. Dieser Schlitten ist ebenfalls aus Holz gefertigt, jedoch auf der inneren Seite mit Blech belegt.

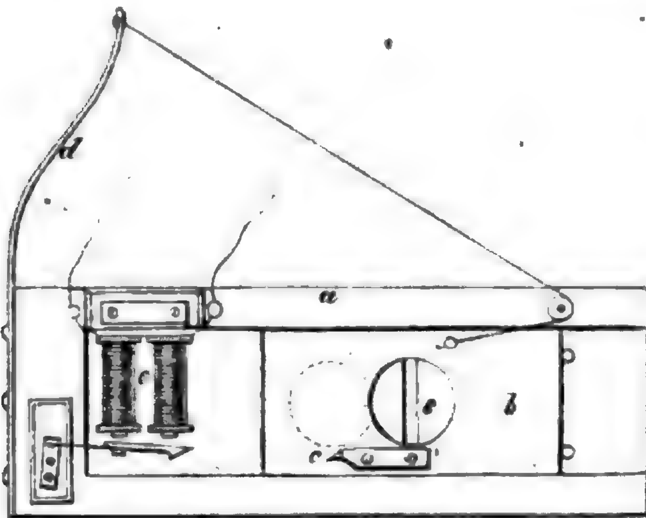


Fig. 177. Elektrischer Momentanverschluss.

»Er trägt einen kleinen dreiseitig prismatischen Ansatz *c* von Messing, der sich, wenn man die Feder *d* spannt, in den Anker des Elektro-Magneten *e* einhaken lässt.

»In dieser Stellung verschliesst der untere Theil des Schlittens *b* die vordere Linse des Vergrösserungs-Apparates lichtdicht. Der Elektromagnet steht durch eine Drahtleitung mit einem galvanischen Elemente in Verbindung; bei Schliessung des Stromes wird der Anker angezogen und der Schlitten der Zugkraft der Feder ausgesetzt. Hierdurch wird bewirkt, dass der erwähnte Spalt vor einer in dem viereckigen Bretchen *a* befindlichen, der Grösse der vorderen Linse entsprechenden runden

Oeffnung vorbeigezogen, und auf diese Weise die empfindliche Platte den Strahlen der Sonne während der kurzen Zeit des Vorüberganges des Spaltes ausgesetzt wird. In der Stellung, in welcher der obere Theil des Schlittens die Linse wieder bedeckt, wird die Bewegung durch 2 Messingstifte aufgehoben.

»Die Auslösung des Momentanverschlusses auf elektrischem Wege zu bewerkstelligen, hat den Vorzug, dass Erschütterungen des Fernrohrs ganz vermieden werden. Auch lassen sich die Leitungsdrähte leicht lichtdicht in die Camera einführen.

»Nicht unwichtig erscheint es, noch besonders zu betonen, dass der Momentanverschluss im Innern des Fernrohrs angebracht wurde und um die Dauer der Exposition möglichst abzukürzen, dahin verlegt worden ist, wo der Querschnitt des Strahlenkegels ein Minimum ist. Eine Verschluss-Vorrichtung am Objektiv ist aus naheliegenden Gründen ganz zu verwerfen. Besondere Erwähnung verdient noch eine Einrichtung der Kassette für die lichtempfindliche Platte, durch welche es möglich ist, die Richtung der täglichen Bewegung auf den Photographien mit grosser Schärfe anzugeben, ohne dass es nöthig wird einen Draht im Brennpunkte des Fernrohrs auszuspannen und durch dessen Bild die Photographien zu entstellen.

»Die Einlage in der Kassette trägt zu diesem Zwecke an der bei der Exposition zu unterst befindlichen Seite zwei eingekittete Glasstäbchen, auf welche die photographische Platte mit einer gut plangeschliffenen Kante aufgesetzt wird. Vor der Exposition wird in diese Kassette eine matte Glasplatte eingelegt, deren untere Kante ebenfalls plangeschliffen ist und auf welcher parallel dieser Kante eine Linie gezogen wurde. Diese Platte wird in der Kassette von zwei Federn festgehalten, um bei schräger Stellung des Fernrohrs ihr Herausfallen zu vermeiden, sobald man die Kassettenthüre und den Schieber öffnet. Die Einstellung auf die Richtung der täglichen Bewegung erfolgt nun so, dass man die Camera dreht bis das Bild eines kleinen Sonnenflecks auf der erwähnten Linie läuft. Ersetzt man später diese matte Scheibe durch die sensitive, so ist die ebenfalls plangeschliffene untere Kante der letzteren nun auch parallel der Richtung jener Hülfslinie, und kann, da die Zeit der Exposition bekannt ist, später mit Leichtigkeit die Lage des Sonnenäquators auf der photographischen Platte angegeben werden.

»Um sowol die Luft im Innern des Fernrohrs als auch den Schieber des Momentanverschlusses während der photographischen Aufnahmen nicht unnöthig zu erhitzen, ist das Objektiv durch eine Klappe verschlossen, welche von unten mit Hülfe eines Fadens dirigirt werden kann und erst kurz vor der Exposition geöffnet wird.

»Was nun die Dauer der Exposition anbelangt, so ist dieselbe natürlich wesentlich mit abhängig von der Objektivöffnung. Die Anfangs bei voller Oeffnung (293,5 mm.) erzielten Resultate waren durchaus nicht befriedigend. Die Bilder zeigten sich unscharf und verschwommen, wofür der Grund wol darin zu suchen sein mag, dass das Objektiv für chemische Strahlen nicht achromatisirt ist. Dieser Uebelstand konnte vollständig beseitigt werden durch Abblendung des Objektivs bis zu 95 mm., so dass also ungefähr nur der neunte Theil der Lichtstärke des Objektivs zur Erzeugung der Photographien angewandt wurde. Bei dieser Objektivöffnung schwankte die Expositionszeit, welche durch Erweiterung oder Verengung des Spalts am Momentanverschluss verändert werden kann, je nach dem Stande der Sonne ziwschen $0{,}005$ und $0{,}008$ Sekunden.

»Ich rekapitulire in Folgendem die zur Aufnahme einer Sonnenphotographie nothwendigen Manipulationen, indem ich dabei genau die Reihenfolge, in welcher dieselben ausgeführt wurden, innehalte.

»Die Sonne wird mit Hülfe des Suchers eingestellt, nachdem das Fernrohr mit der obenerwähnten Objektivklappe versehen und der kleine Elektromagnet mit dem Elemente in Verbindung gebracht worden ist. Ist dies geschehen, so erfolgt die Einstellung auf die Richtung der täglichen Bewegung in der beschriebenen Weise, das Uhrwerk wird in Gang gebracht und mit Hülfe der Feinstellungen das Fernrohr so bewegt, dass das erzeugte Sonnenbild genau in die Mitte der zu exponirenden Platte fällt. Nun wird die zur Fixirung des erwähnten Parallels eingesetzte matte Scheibe entfernt, die Kassette mit der lichtempfindlichen Platte an ihre Stelle gebracht, der Schieber der ersteren geöffnet, ebenso die Objektivklappe und in dem Moment der Schliessung des galvanischen Stromes die Zeit notirt. Die Exposition ist nun vollendet, Klappe und Schieber werden geschlossen und die Platte zur Entwicklung ins Laboratorium gegeben.

»Es hat sich als zweckmässig herausgestellt, immer mehrere Platten schnell hinter einander zu exponiren, da selbst bei dem klarsten Himmel die Beschaffenheit der Atmosphäre nicht konstant ist. Es giebt Momente der vollkommensten Ruhe, und wenn die Exposition gerade dann erfolgt, wird dies natürlich sehr zu Gunsten der Photographie ausfallen. Mit Rücksicht hierauf ist auch zu empfehlen, dass derjenige Beobachter, der das Schliessen des galvanischen Stromes zu besorgen hat, durch den Sucher sieht und einen günstigen Moment für die Belichtung abwartet.

»Ehe ich nun zum zweiten Theil der Präparation der photographischen Platten übergehe, nehme ich hier Gelegenheit, mit wenigen Worten der Konstruktion von Instrumenten zu gedenken, die nur zu heliographischen Zwecken dienen sollen.«

»Man hat sowol katoptrische als dioptrische Fernrohre zur photographischen Aufnahme von Himmelskörpern verwendet. Die ersteren verdienen den Vorzug bei lichtschwachen Objekten, da der ausführbaren Grösse der Hohlspiegel weniger enge Grenzen gesetzt sind, als der der Linsen. Da aber im vorliegenden Falle Licht in mehr als ausreichender Menge vorhanden ist, und man deshalb den Linsen bei grosser Brennweite nur einen kleinen Durchmesser zu geben braucht, da ferner die Handhabung dioptrischer Fernrohre insofern bequemer ist, als man die photographische Camera am untern Ende des Rohres anbringen kann, so scheint es mir zweckmässig, sich für diese zu entscheiden. Der vollständige Achromatismus für chemische Strahlen könnte leicht durch Anwendung eines Doppelobjektivs erreicht werden. Was die übrige Einrichtung eines Photoheliographen anbelangt, würde es geboten erscheinen, möglichste Leichtigkeit mit grösster Stabilität zu verbinden. Vielleicht liesse sich dies dadurch erreichen, dass man den Fernrohrkörper aus Latten konstruirte und gegen das Objektiv hin verjüngte. Es würde ferner zweckmässig sein, die photographische Camera mit dem Fernrohr vollständig zu verschmelzen, um jeder Lagenveränderung der ersteren vorzubeugen. Die Einstellung auf die Richtung der täglichen Bewegung könnte mit Hülfe einer Vorrichtung an der Kassette leicht bewerkstelligt werden.

»Das photographische Verfahren, dessen wir uns bei allen bisherigen Versuchen mit sehr gutem Erfolge bedient haben, ist das von R. M. Gordon modifizirte Trockenverfahren von Fothergill. Die Vortheile, welche die Anwendung trockener photographischer Platten überhaupt bietet, sind so bedeutend, dass wir von vornherein in diesem Falle auf das nasse Verfahren vollständig verzichteten. Erstlich ist die Oberfläche der Trockenplatten glätter als die der nassen Platten, ferner wird der in einem Beobachtungsraum nie ganz zu vermeidende Staub keine Kometenschweife und Flecken hervorbringen können, da die Platten nach der Belichtung gewaschen werden. Ein anderer wesentlicher Vorzug besteht darin, dass während der Exposition der Platte keine Alkohol- und Aetherdämpfe entsteigen, wie das bei nassen Platten der Fall ist, und welcher Umstand die Schärfe der Bilder wesentlich beeinträchtigen dürfte.

»Zu diesen Vortheilen gesellen sich noch die Annehmlichkeiten, welche trockene Platten im Allgemeinen vor nassen Platten voraus haben, nämlich die Aufbewahrungsfähigkeit und die Möglichkeit, das Entwickeln zu einer passenden Zeit vorzunehmen, ohne dadurch die Güte des Bildes zu beeinträchtigen.« (Vgl. Vogel, Sternwarte zu Bothkamp.)

Auf der Sternwarte des Collegium romanum zu Rom wird der photographische Apparat auf ganz einfache Weise mit einem grossen

Projektionsinstrumente in Verbindung gebracht. Das dioptrische Fernrohr *A B* (Fig. 178) trägt ein an einer Stange *K L* befestigtes Bretchen *O Q*, auf welchem sich das Sonnenbild, nachdem das Okular genügend ausgezogen worden, in deutlicher Schärfe als objektives Bild zeigt. *E F* ist die Polarachse, *N* das Aequatorial mit dem Rektascensionskreise und *M* der Deklinationskreis; *R* und *S* sind starke eiserne Richtungsstangen für das Fernrohr.

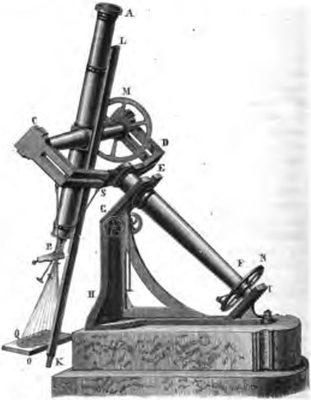



Fig. 178. Secchi's photographisches Fernrohr.

Mit dem Instrumente ist bei *I* ein Uhrwerk verbunden, wie solches an dem Photoheliograph des Observatoriums zu Wilna (siehe Fig. 172 *D*) angebracht ist. Dasselbe ist in Fig. 179 (*U*) genau abgebildet; es bewirkt, dass das Fernrohr der scheinbaren Bewegung der Sonne oder eines Sternes genau folgt. Das Stundenrad steht durch die Triebstange

Digitized by Google

*aa*, welche eine Schraube ohne Ende trägt, mit dem Aequatorial in Verbindung und treibt das Rad *M* in 24 Stunden einmal um seine Achse, mithin auch die Stange *F* und das Fernrohr *AB*. Ausserdem bemerken wir eine Lenkungsstange *V*, welche dazu dient, die Verbindung von Uhrwerk und Teleskop mit Leichtigkeit aufheben zu können.

Soll nun eine photographische Aufnahme gemacht werden, so muss an Stelle des Bretchens *Q O* Fig. 178 eine empfindliche Platte substituirt werden. Letzteres geschieht durch Vermittelung eines vierseitigen pyramidenförmigen Kastens, der mit der Spitze an das Okularrohr des Tubus bei *B* (Fig. 178) angeschraubt wird.

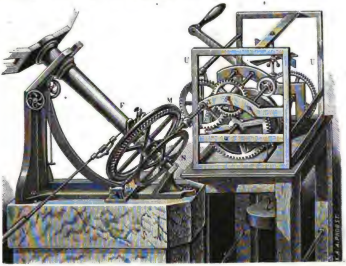



Fig. 179. Uhrwerk zu Secchi's Phototeleskop.

Zwischen dem Okularrohre *O* Fig. 180 und der pyramidalen Camera *R* findet sich der nothwendige Momentan-Verschluss *CPV*. Derselbe ist auf analoge Weise wie derjenige des Wilnaer Observatoriums (Fig. 174) konstruirt und vor dem Okulare *O* Fig. 180 angebracht. Der Verschluss besteht aus zwei Bretchen, von denen das eine seitlich, das andere nach unten zu verschieben ist (Fig. 182); das seitlich verschiebbare Bretchen *D* trägt ein Fadenkreuz zur genauen Lokalisirung und Einstellung des Bildes in die Mittellinie des Tubus, das Bretchen *P* wird durch die Stahlspiralfeder *V* (Fig. 181 und 182) nach unten gezogen, und durch den angespannten Faden *C* im Gleichgewichte gehalten. Das Bretchen *P* ist mit einem Spalte *F* versehen (Fig. 182), welcher so weit

Digitized by Google

in die Höhe gezogen ist, dass er gerade über dem Lichtkegel des Okularglases steht, um im Momente der Aufnahme so rasch als möglich vorüberzugleiten, und die Lichtwirkung auf die präparirte Platte in möglichst kurzer Zeit zu vollenden.

Die Aufnahmen geschehen bei allen angeführten Methoden theils auf trockenem, theils auf feuchtem Wege. Für das Verfahren mit feuchten Platten ist die Anwendung des auf Seite 143 erwähnten Heliopiktors besonders für Astronomen von nicht zu unterschätzendem Werthe. Auf Sternwarten, wo das Dunkelzimmer leicht einzurichten, ist der Heliopiktor entbehrlich, auf Expeditionen dagegen, bei Aufnahmen von Sonnenfinsternissen insbesondere, bieten derartige Apparate eine beachtenswerthe Beihülfe. Die Misshelligkeiten, welche ein Dunkelzelt auf Reisen mit sich bringt, machen sich, wie wir in einem der nächsten Paragraphen erfahren werden, auf Expeditionen sehr fühlbar. Der Heliopiktor aber wird nur mittels eines Rohres, das den Momentan-Verschluss enthält (Fig. 180), an den Tubus angefügt und die Platte im Tageslichte sofort nach derAufnahme hervorgerufen und vollendet. Soll das gewonnene Bild zu genauen Messungen von Sternphotographien verwendet werden, so ist jene Methode noch speziell zu empfehlen, weil die vorher albuminirten Platten dem Kollodiumhäutchen eine ganz unübertreffliche Festigkeit verleihen, und die Einschrumpfung des Häutchens nach dem Trocknen im Mittelwerthe nur den 28236ten Theil eines Zolles beträgt (siehe den nächsten Paragraphen). Würden wir ein zuverlässiges, sehr rasches, und leicht zu handhabendes Trockenverfahren besitzen, so wäre freilich die zur Darstellung astronomischer Photographien von Lohse empfohlene Methode die geeignetste, allein immer noch gehört dieses Desiderat bezüglich der Raschheit und Sicherheit der Wirkungen zu den frommen Wünschen in der Technik der Photographie.

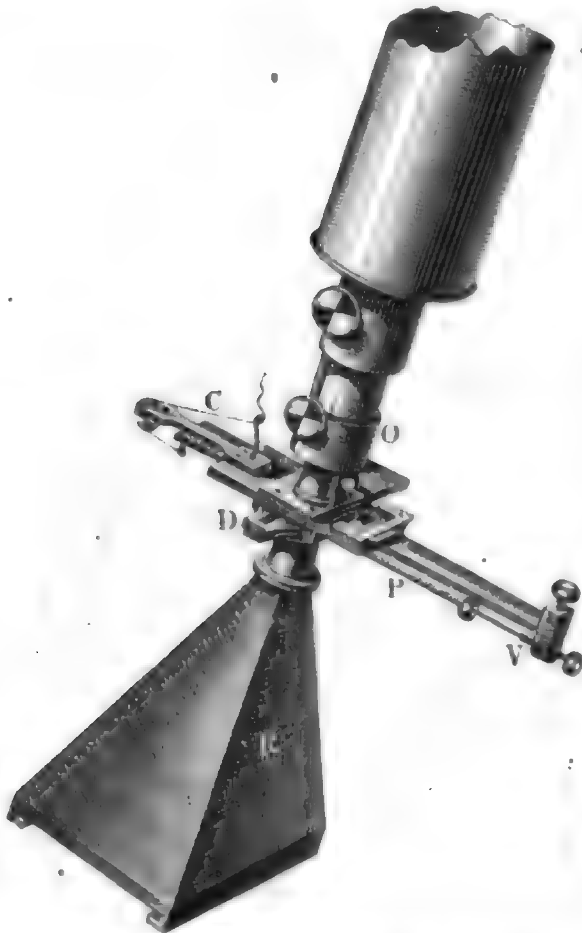


Fig. 180. Photographischer Ansatz zu Secchi's Phototeleskop.

## B. DIE RESULTATE DER ASTRONOMISCHEN PHOTOGRAPHIE.

### 1. DIE ASTROPHOTOGRAPHEN.

Die ersten photographischen Aufnahmen von Himmelskörpern waren im Jahre 1850 von William Cranch Bond, Professor zu Cambridge, in Amerika in Gemeinschaft mit Whipple und Black aus Boston versucht worden. Dieselben fertigten Daguerreotype unseres Satelliten an, indem sie das Bild desselben auf einer präparirten Metallplatte mittels des grossen Refraktors der Harwarder Sternwarte scharf darstellten.

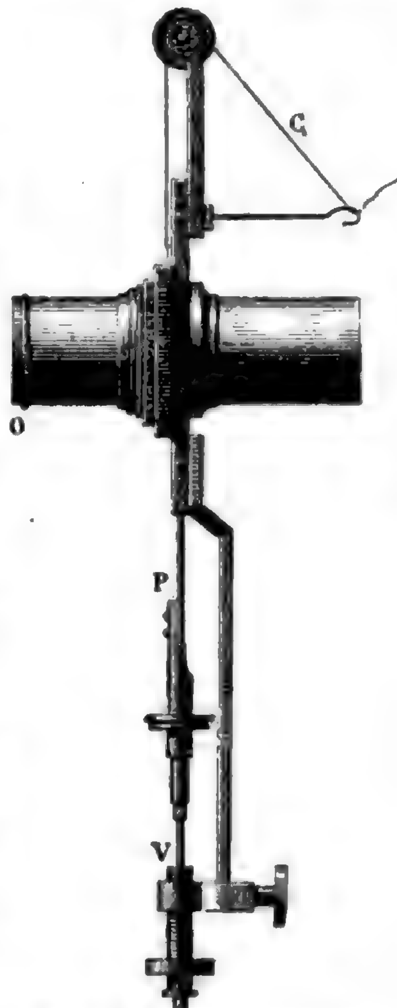


Fig. 181. Momentanverschluss zu Secchi's Phototeleskop.

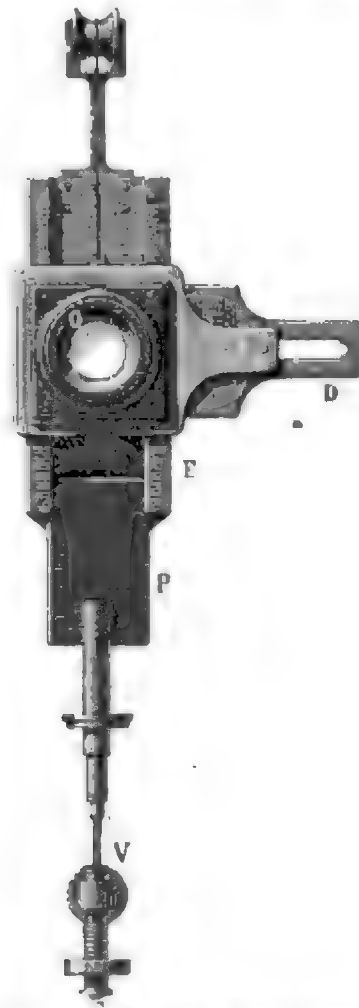


Fig. 182. Derselbe Verschluss von oben gesehen.

Einen bedeutenderen Aufschwung aber nahm die astronomische Photographie erst im Jahre 1852, als der berühmte Astronom Warren de la Rue in England, welchen wir als den eigentlichen Schöpfer der astronomischen Photographie zu betrachten haben, das damals neue Kollodiumverfahren zum ersten Male zu wissenschaftlichen Versuchen anwendete. De la Rue beschäftigte sich insbesondere mit Mondaufnahmen, von welchen er ganz ausgezeichnete positive Abdrücke anfertigen liess, die in Tausenden von Exemplaren verbreitet wurden. Die Expositionszeit dauerte zwischen 10 und 30 Sekunden, indem das Bild mittels eines aequatorial aufgestellten Reflexionsteleskopes von 13 Zoll Oeffnung und 10 Fuss Brennweite aufgenommen wurde. Später beschäftigten sich in England Phillips und Bates im Jahre 1853, Hartnup, J. A. Forrest und Crookes im Jahre 1854, Fry und Howells im Jahre 1855 und der berühmte Spektralanalytiker Astronom Huggins im Jahre 1856 mit der photographischen Darstellung der Himmelskörper.

In Italien war es der berühmte Pater SECCHI zu Rom, welcher mit dem auf Seite 170 abgebildeten Phototeleskope arbeitete. — Im Jahre 1857 wendete BOND in Amerika mit sehr glücklichem Erfolge die Photographie zu astronomischen Messungen an; er bestimmte auf diesem Wege die Entfernung und den Winkel in der Stellung von Doppelsternen, und es gelang ihm Bilder von Fixsternen bis zur 5ten und 6ten Grösse auf der empfindlichen Platte zur Darstellung zu bringen. Die bedeutendsten Erfolge in der astronomischen Photographie sind jedoch dem Amerikaner L. RUTHERFURD in New-York zu danken, welcher alle genannten Leistungen überflügelt hat. Derselbe hat sich nämlich ausser durch die Darstellung ausgezeichneter Bilder unseres Satelliten besonders mit der genauen photographischen Wiedergabe des Sonnenspektrums und der FRAUNHOFER'schen Linien, worüber wir in dem betreffenden Kapitel des Genaueren berichten werden, unübertreffliche Verdienste erworben.

Das Observatorium des genannten Forschers liegt zwischen der 6ten Avenue und 11ten Strasse zu New-York; er hat dasselbe auf eigene Kosten gegründet, und besteht der Lohn seines Strebens einzig und allein in dem Bewusstsein, für die Wissenschaft ein grosses Werk vollbracht und sich dadurch den Dank und die Anerkennung der ihn verehrenden Fachgenossen gesichert zu haben. Das Observatorium besteht aus einem runden, aus Backsteinen aufgeführten Gebäude von $6^1/_4$ Meter innerem Durchmesser mit leicht drehbarem auf 12 Rädern beweglichem Dache, welches eine 65 Centimeter breite durch Läden verschliessbare Oeffnung hat. Das in demselben aufgestellte Aequatorial, dessen achromatisches Objektiv $11^1/_4$ Zoll im Durchmesser und 14 Fuss Brennweite hat, ist mit einem Uhrwerk versehen, in der Art wie wir solche oben geschildert haben. Indem RUTHERFURD zwischen dem Objektiv und der photographischen Platte verschiedene Linsenkombinationen einschaltete, ist es ihm gelungen, mittels dieser Vorrichtungen eine 19 Zoll lange Brennweite sowie eine sehr geringe Entfernung des optischen von dem chemischen Fokus zu erzielen und dadurch jene vorzüglichen Photographien darzustellen. Er erhielt Bilder von Sternen 9ter Grösse in 3 Minuten, vom Sterne Castor sogar in einer Sekunde.

Von besonders grossem Werthe für die Wissenschaft sind die von RUTHERFURD in neuester Zeit dargestellten Sonnenaufnahmen, die sich durch exakte Markirung der Sonnenflecken auszeichnen.

Die scharfe Einstellung bei dem RUTHERFURD'schen Teleskope wird nicht auf der matten Scheibe ausgeführt, da der chemische und optische Focus nicht genau zusammenfallen, sondern durch eine Probe bestimmt, indem RUTHERFURD einen Doppelstern aufnimmt. Er stellt zuerst unscharf ein und macht wiederholt Aufnahmen, indem er die Visirscheibe mehr

oder weniger verschiebt, bis er endlich den Punkt gefunden hat, wo das Bild am schärfsten wird. Dieser Punkt wird dann als Hauptfokus ein für allemal festgehalten und bei Temperaturveränderungen die Ausdehnung des eisernen Rohres jenes Teleskopes nach einem darin befestigten Thermometer durch eine Mikrometerschraube korrigirt.

Rutherfurd hat in dieser Weise drei grosse Teleskope mit sorglich korrigirten Linsen bauen lassen. Das erste hat nur ein Doppelobjektiv aus Crown und Flintglas, das zweite, welches in Rutherfurd's eigener Verwendung steht, haben wir soeben geschildert, das dritte besitzt $6\frac{1}{2}$ Zoll Oeffnung und wurde bei der amerikanischen Sonnenfinsterniss-Expedition zu Catania benutzt. Die Vollkommenheit der Rutherfurd'schen Bilder ist in erster Linie der sorgfältigen Korrektion der Instrumente zu danken und werden wir auf die Resultate dieses Forschers noch mehrfach zurückzukommen Gelegenheit haben.

## 2. PHOTOGRAPHISCHE DARSTELLUNGEN DER SONNE.

### a. GESTALT DER SONNE.

Die Anwendung der astronomischen Photographie findet ihre wissenschaftliche Verwerthung einerseits in der Darstellung direkter naturgetreuer Abbildungen der Himmelskörper, wie sie sich im Augenblick der Aufnahme zeigen, andererseits in dem Vergleiche verschiedener Abbildungen, welche von demselben Himmelskörper innerhalb eines gewissen Zeitraumes aufgenommen wurden. Wenn der bekannte Astronom Julius Schmidt zu Athen behauptete, dass ein von Mädler entdeckter, vor mehreren Jahrzehnten auf dem Mond befindlich gewesener Krater jetzt verschwunden sei, so könnte, wenn damals schon photographische Mondbilder angefertigt worden wären, durch einen mit den jetzigen Mondbildern vorgenommenen Vergleich diese Streitfrage mit Leichtigkeit gelöst werden, denn aus der Differenz der Bilder, d. h. aus den Veränderungen, welche in der zwischenliegenden Zeit mit den Himmelskörpern vorgegangen sind, lassen sich zum Theil Bewegungen der auf den Himmelskörpern befindlichen Materien, zum Theil rotirende Bewegungen der Himmelskörper selbst erkennen. Ein weiterer Vortheil, welchen die Resultate der astronomischen Photographie bieten, beruht auf möglichst genauen mathematischen Messungen der Entfernung einzelner Himmelskörper von einander; diese Messungen können auf den gewonnenen Photographien vorgenommen, und mit Ergebnissen, welche durch andere Methoden erreicht wurden, prüfend verglichen werden.

Ein anderer sehr bemerkenswerther Erfolg der Photographie ist der Nachweis der grossen Differenz, welche in Beziehung auf den Unterschied

der aktinischen Kraft und der Leuchtkraft verschiedener Himmelskörper sich zeigt. So z. B. gewährte die Bedeckung des Jupiter durch den Mond am 8. November 1856 eine ausgezeichnete Gelegenheit, die relative Helligkeit des Mondes mit der jenes Planeten zu vergleichen. Damals erschien Jupiter von blassgrünlicher Färbung, nicht heller als der Krater Plato auf dem Mond, hatte dabei nach der Schätzung von Warren de la Rue nur $^1/_3$ der gewöhnlichen Helligkeit des Mondes, während eine darauf erfolgte photographische Aufnahme ergab, dass die chemisch wirksame Kraft des Jupiterlichtes zu der des Mondlichtes wie 4 zu 5 sich verhielt. Eine photographische Aufnahme des Saturn erforderte 12 mal längere Zeit, als die bildliche Wiedergabe des Jupiter.

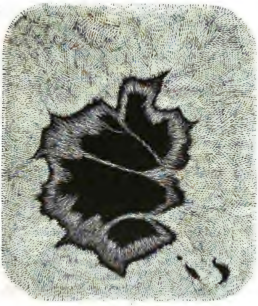


Fig. 183. Sonnenflecken mit 3 Lichtbrücken (nach Nasmyth).

Bedeutendere Resultate wurden bei Gelegenheit verschiedener Sonnenfinsternisse auf photographischem Wege gewonnen, und werden wir auf die einzelnen bezüglichen Ergebnisse des Genaueren zurückkommen. Die Sonne selbst wurde in neuerer Zeit mit besonderem Erfolg von Warren de la Rue und Rutherfurd photographirt, deren photographische Methoden man fast auf allen grösseren Sternwarten in den jüngsten Jahren eingeführt hat.

Besondere Berücksichtigung schenkte man bei den photographischen Sonnenaufnahmen der zeitweiligen Veränderung der Sonnenflecke.

Die Sonne besteht bekanntlich aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen, einem Kern und einer leuchtenden, glühenden Hülle, die den Kern umgiebt. Die leuchtende Hülle, die sogenannte Photosphäre, bildet keine gleichmässig abgerundete Umhüllung, sondern es treten

Digitized by Google

zuweilen die Massen aus einander und es zeigen sich jene deutlichen dunkeln Flecken (Fig. 183), von welchen man früher annahm, dass sie auf ein Durchscheinen des dunkeln Sonnenkerns durch die Risse in der Photosphäre deuten. Die neueren, besonders die spektralanalytischen Untersuchungen des Sonnenkörpers haben aber dargethan, dass diese dunkeln Stellen keineswegs lichtlos sind, sondern nur im Gegensatze zu ihrer weit helleren Umgebung so dunkel erscheinen.

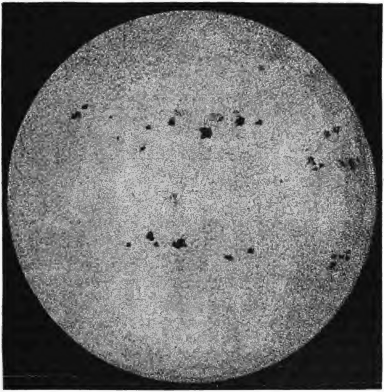


Fig. 184. Schema der Sonnenoberfläche.

Die Spektralanalyse hat erwiesen, dass die in der Photosphäre entstehenden Risse durch sich verdichtende, glühende Gasmassen, die wirbelartig in der Gluthülle der Sonne auf- und abwogen, ausgefüllt werden und eben diese dichteren, glühenden, vertieften Massen stellen die Sonnenflecken dar. Unsere Fig. 184 zeigt uns ein schematisches Bild der Sonne,



Digitized by Google

in welchem die ungefähre Vertheilung der Sonnenflecken von einem sehr fleckenreichen Tage verzeichnet ist.

Ausser diesen, von Zeit zu Zeit mit sich kondensirenden Dämpfen ausgefüllten Rissen in der Photosphäre der Sonne schieben sich zeitweilig leuchtende Massen über einander, welche in der Nähe der Flecken deutlich bemerkbar sind und als »Sonnenfackeln« beschrieben werden.

Der mathematische Beweis, dass die Flecken der Sonne auf Vertiefungen im Lichtgewölke beruhen, wurde erst durch die Photographie erbracht. Schon im Jahre 1769 hat Wilson einen rundlichen Flecken auf der Sonnenscheibe beobachtet, welchen er mehrere Tage verfolgte und an dem der um den Flecken herumliegende hellere Hof, die sogenannte Penumbra, allmählich die rundliche Form verlor und eine ovale Gestalt annahm. Während die eine Seite des Fleckens verschwand,

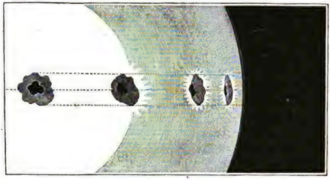


Fig. 185. Scheinbare Veränderung in der Form eines Sonnenfleckens.

blieb die andere sichtbar, wobei derselbe, indem er sich vom Mittelpunkt der Sonne aus entfernte, immer schmaler und länglicher wurde (Fig. 185). Da sich nun die Sonne in einer gewissen Zeit um ihre eigene Achse dreht, so wartete Wilson die Wiederkehr des entschwundenen Fleckens ab und wirklich kehrte nach $13^1/_2$ Tagen der Flecken am östlichen Sonnenrande zurück und durchlief umgekehrt ähnliche Entwicklungsphasen vom Rande bis zum Mittelpunkt der Sonnenscheibe, bis in der Mitte angekommen, die Penumbra wieder vollständig symmetrisch zu den Konturen des Kernes wurde. Es fiel hier nur der Unterschied auf, dass der Hof, statt an der vorangehenden an der nachfolgenden Seite früher zu sehen war.

Warren de la Rue hat aus seinen photographischen Aufnahmen heraus gefunden, dass es sich mit den meisten Flecken analog verhalte.

Digitized by Google

Durch eine sehr einfache Methode wies er nach, dass die Flecken wirkliche Höhlungen in der Sonnenoberfläche seien; er nahm zwei photographische Sonnenbilder, die von zwei um etwa 15 Grad von einander entfernten Orten aufgenommen waren und legte sie in ein Stereoskop; die Flecken erschienen dann vollständig als Höhlungen, in deren Tiefe man hinabblickt und deren Ränder sich wie Böschungen erheben, wobei es klar wird, dass die Penumbra durch die seitlichen Abhänge eben dieser Höhlungen sich bildet. (Vergleiche Secchi, die Sonne S. 71). Unsere Figur 186 zeigt eine getreue aus dem genannten Werke entnommene Kopie eines photographischen Sonnenbildes mit verschiedenen Fleckengruppen, welches im Oktober 1860 von Selvyn aufgenommen wurde.

Fig. 186. Photographisches Sonnenbild (nach Selvyn).

Auf unseren Tafeln I Figur 10 und V Figur 1 sind zwei uns von dem erwähnten Astronomen Rutherfurd in entgegenkommendster Weise zur Verfügung gestellte photographische Originalaufnahmen der Sonne abgebildet. Rutherfurd braucht unter Anwendung des im vorigen Paragraphen geschilderten Momentanverschlusses zu Aufnahmen etwa $^1/_{500}$ Sekunde Expositionszeit.

Oft verändert sich die Oberfläche der Sonne an verschiedenen Stellen ganz plötzlich; die Gestalt der Flecken und Fackeln geht dann nicht allmählich in eine andere Form über, sondern sie verändert sich plötzlich und die dunkeln Stellen bieten mit einem Male ein ganz anderes Bild, welches den Eindruck macht, als ob überwältigende Kräfte eine sturmartige Bewegung auf der Sonnenoberfläche hervorriefen. Gerade so wie in unserer irdischen Atmosphäre die Wasserwolken sich aufthürmen, aus einander treten und sich wieder zusammen scharen, so bewegen sich infolge mächtiger Wirkungen die Feuerwolken der Sonnenphotosphäre. Man bezeichnet diese Bewegungen als Sonnenstürme, Erscheinungen, die für das bewaffnete Auge des Astronomen an Grossartigkeit alle



Digitized by Google

verwandten Naturerscheinungen übertreffen. — Die Protuberanzen, jene besonders bei Sonnenfinsternissen sichtbaren, am Rande der Sonne berggipfelartig vorstehenden feurigen carmoisinrothen Lichtmassen, werden infolge derartiger Sonnenstürme rasch verändert. Wir werden die Bedeutung dieser Vorgänge für die Astro-Photographie in dem folgenden Paragraphen näher kennen lernen.

### b. SONNENFINSTERNISSE.

Von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart wurde den Sonnenfinsternissen, besonders den totalen Verfinsterungen eine hohe Wichtigkeit beigelegt. Während in früheren Jahrhunderten das grossartige Naturereigniss eine beängstigende Aufmerksamkeit auf sich zog und Furcht und Aberglaube ihre unheilvollen Schlüsse für die Menschheit aus solchen Phänomenen folgerten, hat die neue Zeit jene merkwürdigen Erscheinungen zur Ausbeute für die wissenschaftliche Forschung benutzt. Mannichfache Kenntnisse von der physischen Beschaffenheit der Sonne und der Natur des Lichtes wurden besonders durch das gemeinsame Zusammenwirken der Astronomen verschiedener Länder gewonnen.

Wenn man bedenkt, dass die Dauer einer Sonnenfinsterniss an keinem Punkte der Erde mehr als $4^1/_2$ Stunden und die der Totalität niemals über sieben bis acht Minuten beträgt, so sind die mannichfachen werthvollen Schlüsse, welche man aus jenen Erscheinungen gezogen hat, in der That der Beweis eines ganz erstaunlichen Fleisses und einer bewundernswerthen Hingebung der betreffenden Forscher.

Besonders durch die Anwendung der Photographie machte man in genannter Richtung bedeutende Fortschritte. In erster Linie wird das allmähliche Vorbeiziehen der dunkeln Mondscheibe vor dem Sonnenballe durch auf einander folgende photographische Aufnahmen von Minute zu Minute fixirt und aus den gewonnenen Bildern die Zeit des Vorüberziehens bestimmt. Dann sind es die schon in unserem vorhergehenden Paragraphen erwähnten Protuberanzen, deren chemische Einwirkung auf die präparirte Platte überhaupt von Bedeutung ist und für deren Abbildung, besonders im Momente der Totalität, die Photographie sich höchst förderlich erwiesen hat; endlich handelt es sich bei derartigen photographischen Leistungen um die Darstellung der »Corona«, jener theils strahlig silberglänzenden, theils mild rosenfarbigen Lichthülle, von welcher die schwarze Mondscheibe scheinbar umgeben wird.

Zum ersten Male wurde eine totale Sonnenfinsterniss im Jahre 1851 von Berkowski auf der Königsberger Sternwarte photographisch dargestellt. Später wurden derartige Versuche von Warren de la Rue zu Riva

Bellosa in Spanien und mit besonderem Erfolge von SECCHI in Desierto de las Palmas wiederholt. Die beiden Abbildungen Fig. 187 und Fig. 188 sind nach Photographien, welche damals während der Totalität von WARREN DE LA RUE aufgenommen wurden, angefertigt — die erste unmittelbar nach dem Eintritt der Totalität, die zweite kurz vor dem Wiedereintritt des Sonnenlichtes.

SECCHI fing das Bild der Sonnenfinsterniss direkt im Brennpunkt des Objektivs seines Fernrohres auf. Gute Sonnenfinsterniss-Photographien erzielten ferner J. A. WHIPPLE am 7. August 1869 zu Shelbywille in Kentucky, dann WALLAT am 22. September 1870 zu Xeres in Spanien sowie an demselben Tage A. BROTHERS aus Manchester, Mitglied der unter der Oberleitung des Professor LOCKYER operirenden englischen Expedition in Syrakus.

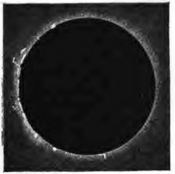


Fig. 187. Totalität der Sonnenfinsterniss von 1860 (nach Warren de la Rue's Photographie).

Fig. 188. Moment des Wiedereintritts des Sonnenlichtes bei der Sonnenfinsterniss von 1860 (nach Warren de la Rue's Photographie).

Man sieht an solchen Bildern sowol die unregelmässig und zackig hervorstehenden Protuberanzen, sowie nicht minder die Corona; letztere zieht sich nicht ganz gleichmässig um den dunkeln Mondrand, sondern hat in der Nähe der Pole zwei Einkerbungen, welche nach dem Sonnenaequator hin sich erhöhen, um an letzterem selbst ihr Maximum zu erreichen. Vgl. Figg. 195 und 196.

Die Protuberanzen sind ungleich lichtstärker als die Corona. Wir haben in unserem vierten Kapitel nachgewiesen, dass wenn eine photographische Platte über eine bestimmte Zeitdauer dem Lichte exponirt wird, eine Ueberwirkung stattfindet und das Licht die Eindrücke, welche es auf der Platte veranlasst hat, wieder verwischt. Da nun die Protuberanzen viel heller sind, als die Corona, so muss, um ein richtiges

Digitized by Google

Bild der Protuberanzen darzustellen, hier kürzer exponirt werden, als für die Corona. Mithin werden auf einem guten Bilde der Corona die Protuberanzen nicht deutlich erscheinen, weil sie überwirkt sind, während auf einem guten Bilde der Protuberanzen die Corona sich nicht scharf ausprägen wird, weil für letztere die Zeitdauer der Wirkung noch keine genügende war. Es müssen daher, um beide Zwecke zu erreichen, immer je zwei in der Zeitdauer verschiedene Aufnahmen gemacht werden.

Figur 189 zeigt uns die Abbildung jener von Secchi zu Desierta de las Palmas im Jahre 1860 aufgenommenen Sonnenfinsterniss-Photographie. Ausser der schwach entwickelten Corona sehen wir bei *A* eine Protuberanz mit höckerigem Gipfel, bei *I* eine sehr grosse Flammenwolke, in welcher sich nach Secchi's Mittheilungen gelbe und rothe Färbungen deutlich erkennen liessen. *K* ist eine Protuberanz mit 2 Gipfeln. Eine weitere kleine Protuberanz ist bei *R* sichtbar. *G* deutet auf eine bedeutende Ansammlung leuchtender Materien, deren Strahlen auf die Platte so stark chemisch einwirkten, dass ihre einzelnen Konturen wieder verschwanden.

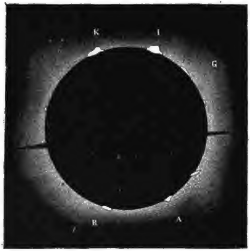


Fig. 189. Photographie von Secchi (1860).

Im Laufe der jüngst verflossenen Jahre fanden mehrere totale Sonnenfinsternisse statt, die erste am 18. Aug. 1868, die zweite am 7. Aug. 1869, die dritte am 22. Sept. 1870, die vierte am 12. Dezember 1871. Die Entdeckung der Spektralanalyse hatte den astronomischen und physikalischen Arbeiten ein neues Feld der Thätigkeit eröffnet und besonders zur Unterstützung astronomischer Forschungen bedeutenden Erfolg in Aussicht gestellt. Es wurden denn auch verschiedene Expeditionen zur Beobachtung der in jener Zeitperiode zu erwartenden Sonnenfinsternisse vorbereitet und dazu die tüchtigsten Kräfte, Astronomen, Photographen und Naturforscher, herangezogen. Die photographische

Abtheilung der deutschen Expedition vom Jahre 1868 stand unter Leitung Dr. Hermann Vogel's aus Berlin, eines Mannes, welcher die wissenschaftliche Behandlung der Photographie in Deutschland in den jüngsten Jahren ganz besonders gefördert hat.

Von der Finsterniss vom 18. August 1868, deren Totalität zwischen fünf und sechs Minuten betrug, ist uns durch Vogel, welcher im Verein mit Dr. Zenker, Dr. Fritsch und Dr. Thiele, im Auftrage des damaligen norddeutschen Bundes eine Expedition nach Aden in Südarabien unternommen hat, eine dankenswerthe Schilderung aufbewahrt. Dr. Vogel schrieb an Bord des Dampfers, der die Expedition nach Suez zurückführte, Folgendes:

»Der Anblick von Aden ist keineswegs sehr erfreulich. Eine völlig kahle, wilde, zerrissene Felsenmasse, Reste eines ausgebrannten Vulkans, dazwischen einige Festungswerke, Lagerhäuser, Läden, Kohlenschuppen, Flaggenstangen; so ungefähr stellte sich uns der Ort dar, der 14 Tage unsern Aufenthalt bilden sollte. Die Farbe Grün fehlte gänzlich in der Natur. Unter Schreien, Zanken und Toben des arabischen Gesindels wurden unsere Gepäckstücke und wir selbst ans Land gebracht. Hier erfuhren wir, dass unsere vorausgegangenen Kollegen von dem englischen Gouvernement in der zuvorkommendsten Weise empfangen worden und ihnen als Stationsort zwei indische Hütten, sogenannte Bungalos, wie sie in diesem Klima üblich sind — auf der Ostseite der Halbinsel eingeräumt worden seien. Nach längerem Suchen fanden wir sie daselbst in Gemeinschaft mit den Mitgliedern der österreichischen Expedition, den Herren Dr. Weiss, Oppolzer und Riha, und zwar so vortrefflich einquartirt, als man es auf dieser öden Küste nur wünschen konnte. Das englische Gouvernement spielte seine Rolle als unser Wirth in der generösesten Weise. Eine ganze Dienerschaft, ein Koch u. s. w. warteten uns auf, Wagen, Kameele, Esel standen zu unserer Disposition, und jeder unserer Wünsche wurde im Umsehen erfüllt. Insofern liess unser leibliches Wohlbefinden wenig zu wünschen übrig; die Temperatur (26° R.) war gegen die Hitze auf dem Rothen Meere niedrig zu nennen, ein frischer Wind strich fortwährend über die Höhe des Marshagill, auf welcher unser Bungalo stand, und trug wesentlich zur Kühlung bei. Zehn Tage verblieben uns noch zu Vorbereitungen für die Sonnenfinsterniss-Aufnahmen. Sie wurden verwendet zum Fundamentiren unserer photographischen Fernrohre, Aufstellen der letzteren und zur genaueren Orientirung. Als Observatorium diente uns ein Bungalo, dessen Dach wir theilweise abdeckten, um mit dem Fernrohr hindurch schauen zu können, und dessen übrigen Raum wir nothdürftig als Laboratorium, Putzraum und Lager herrichteten. In diesem Rohrkäfig, denn

weiter war das Gebäude nichts, waren wir nothdürftig gegen den Wind, weniger gegen den Staub geschützt. Wasser wurde uns in Bocklederschläuchen auf Eseln heraufgeschafft. Zwei Zelte, welche wir von Europa mitgenommen hatten, vertraten die Stellen der Dunkelkammern. Extra mitgenommene Landschafts- und Porträtapparate gaben uns Stoff zu landschaftlichen und anthropologischen Aufnahmen und zu gleicher Zeit ein bequemes Hülfsmittel zur Prüfung unserer Chemikalien. Einige kleine Fehler der letzteren wurden bald überwunden, schwieriger waren die Einflüsse des Staubes und der körperlichen Ausdünstungen hinweg zu schaffen. Bei der leichtesten Arbeit lief der Schweiss bei der feuchten Luft stromweise vom Leibe, er rann aus den Fingerspitzen, tropfte vom Gesicht, und oft genug wurde eine frischgeputzte oder präparirte Platte beim Hantiren durch einen auffallenden Schweisstropfen verdorben. Uebung verschaffte uns jedoch bald Vorsicht diesem Hinderniss gegenüber; einige Probeaufnahmen der Sonne u. s. w. gelangen glücklich; mit Ruhe konnten wir dem Finsternisstage entgegen sehen. Nur eins stimmte uns bedenklich, und zwar das Wetter. Alle Berichte über Aden hatten uns früher übereinstimmend einen völlig heiteren Himmel in Aussicht gestellt; es sollte nach Aussagen kompetenter Reisender jährlich dort höchstens dreimal regnen, Wolken sollten zu den Ausnahmen gehören. Wir waren daher nicht wenig überrascht, als wir bei unserer Ankunft die vulkanischen Höhen Adens in Wolken gehüllt erblickten und am nächsten Morgen von einem Regenschauer begrüsst wurden. Noch bedenklicher aber wurden wir, als Tag für Tag die Sonne hinter Wolken gehüllt aufging und dieser Witterungszustand im Laufe der Zeit sich eher verschlechterte als verbesserte. Insofern waren für unseren Hauptzweck die Aussichten schlecht genug, und bald schwand uns alle Hoffnung. Am Finsternisstage verliessen wir früh um vier Uhr unser Lager. Neun Zehntel des Himmels waren bewölkt. Resignirt machten wir uns an die Arbeit. Aufgabe der norddeutschen Expedition war die photographische Aufnahme der Finsterniss während ihrer Totalität. Hierzu diente ein langes Fernrohr mit einer sechszölligen Linse ohne Focusdifferenz von 6 Fuss Brennweite. Diese von Steinheil konstruirte Linse lieferte ein Sonnenbild von $^3/_4$ Zoll Durchmesser, welches auf einer photographischen Platte, mit Hülfe einer gewöhnlichen Schiebekassette zu zwei Bildern, aufgenommen werden konnte. Da Sonne und Mond sich bewegen, würde natürlich ein solches Instrument, wenn es still stände, nur unscharfe Bilder liefern. Deshalb war das Rohr mit einem Uhrwerk in Verbindung gesetzt, welches demselben eine dem Laufe der Gestirne genau entsprechende Bewegung ertheilte. Um jede Erschütterung des Rohres zu vermeiden, war der

Klappenschluss des Objektivs nicht unmittelbar am Fernrohr angebracht, sondern an einem separaten Stativ, und stand mit dem Fernrohr durch eine elastische Hülle in Verbindung. Die Dauer der totalen Finsterniss betrug in Aden nur drei Minuten (in Indien fünf Minuten). Dennoch hatten wir Aden als Stationsort gewählt, weil in Indien bereits photographische Beobachter vorhanden waren und weil in Aden die Finsterniss zuerst und ungefähr eine Stunde früher als in Indien eintrat.

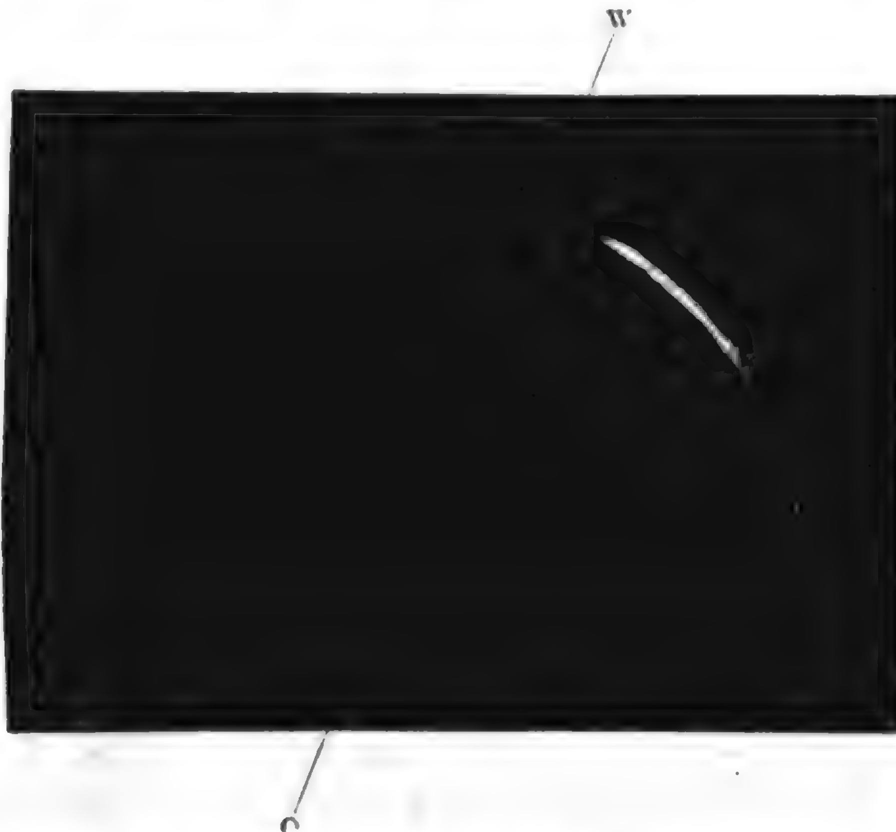



Fig. 190. Sonnenfinsterniss von 1868 (nach Vogel's Photographie).

Es konnte so durch Vergleichung unserer Beobachtungen mit den indischen ein Kriterium gewonnen werden, ob jene wunderbaren, bei der totalen Finsterniss hervortretenden Lichterscheinungen der Protuberanzen im Laufe der Zeit sich änderten oder nicht. Unsere Aufgabe war es nun, innerhalb der drei Minuten eine möglichst grosse Zahl von Bildern des Phänomens zu erhalten. Für diesen Zweck hatten wir uns förmlich an dem photographischen Fernrohr einexerzirt, gerade wie die Artilleristen an ihren Kanonen. Dr. Fritsch machte die Platten in dem ersten Zelt, Dr. Zenker schob die Kassetten in das Fernrohr, Dr. Thiele exponirte und ich entwickelte in dem zweiten Zelt. Wir hatten festgestellt, dass es in dieser Weise möglich sei, in drei Minuten sechs Bilder zu machen. Der entscheidende Moment kam immer näher; der mit banger Sorge von uns betrachtete Wolkenhimmel zeigte zu unserer Freude jetzt einige Lücken, durch welche die bereits theilweise vom Monde bedeckte, als

Sichel erscheinende Sonnenscheibe sichtbar wurde. Die Landschaft erschien in dem seltsamsten Lichte, beinahe einem Mittelding zwischen Sonnen- und Mondlicht. Die chemische Lichtstärke erwies sich auffallend schwach. Eine Probeplatte gab mit Steinheil-Aplanat, Mittelblende, erst in 15 Sekunden ein ausexponirtes Bild der Wolken. Immer kleiner wurde die Sonnensichel, die Wolkenlücke schien sich noch mehr zu öffnen, wir schöpften Hoffnung. Die letzten Minuten vor der Totalität (welche um 6 Uhr 20 Minuten eintrat) vergingen im Fluge. Dr. Fritsch und ich krochen eiligst in unsere Zelte und blieben daselbst, Platten präparirend und entwickelnd. Von der Totalität haben wir Beide unter

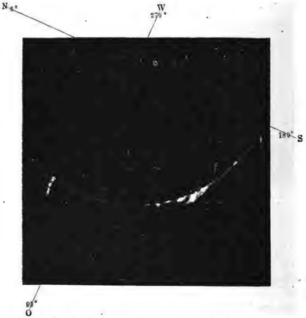



Fig. 191. Sonnenfinsterniss von 1868 (nach Vogel's Photographie).

diesen Umständen nichts gesehen. Unsere Arbeit begann. Die erste Platte wurde probeweise 5 und 10 Sekunden exponirt, um zu sehen, welche Zeit ungefähr die richtige sei. Mohammed, unser schwarzer Diener, brachte mir die erste Kassette ins Zelt. Ich goss den Eisenentwickler über die Platte, gespannt der Dinge harrend, die da kommen sollten. — Da erlosch meine Lampe — Licht! Licht! rief ich — Licht! aber Niemand hörte, Alle hatten vollauf zu thun. Da griff ich selbst zum

Digitized by Google

Zelt mit der rechten Hand hinaus — in der linken die Platte haltend — fasste glücklich eine kleine Oellampe, die ich mir für alle Fälle brennend bereit gestellt hatte, und jetzt sah ich das Sonnenbildchen auf meiner Platte erscheinen. Der dunkle Sonnenrand war umgeben mit einer Reihe eigenthümlicher Erhebungen auf der einen Seite, auf der anderen zeigte sich ein seltsames Horn — beide Erscheinungen vollkommen analog in beiden Bildern (Fig. 191). Meine Freude war nicht gering, doch es war keine Zeit zum Freuen; bald war die zweite und eine Minute später auch die dritte Platte in meinem Zelte. »Die Sonne kommt«, rief Zenker, die Totalität war vorüber. Alles dies erschien

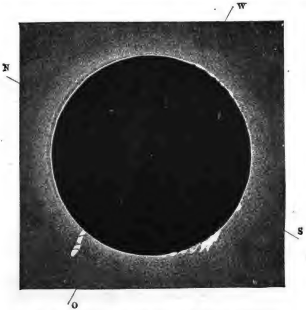



Fig. 192. Sonnenfinsterniss von 1868 (nach Major Tenant's Photographien).

aber als das Werk eines Augenblicks, so rasch war uns die Zeit verflossen. Die zweite Platte zeigte bei der Entwicklung sonderbarer Weise nur ganz schwache Spuren eines Bildes. Vorüberziehende Wolkenschleier hatten im Augenblick der Exposition die photographische Wirkung fast gänzlich verhindert. Die dritte Platte zeigte wieder zwei gelungene Bilder mit Protuberanzen am unteren Rande. Froh des Erreichten wurden die Platten gewaschen, fixirt, lackirt und sofort —

freilich mit sehr unvollkommenen Hülfsmitteln — einige Kopien auf Glas genommen, die, um Verlusten zu begegnen, separat nach Europa geschickt wurden. Wie wir bei unseren Arbeiten vom Glücke begünstigt worden waren, geht am besten aus dem Umstande hervor, dass auf einem anderen, nur eine halbe Stunde von unserer Station entfernten Punkte wegen des Wolkenschleiers von der Totalität nichts gesehen werden konnte. Nachdem wir diese unsere Hauptaufgabe glücklich vollbracht, war unseres Bleibens in Aden nicht länger; in drei Tagen ging der Dampfer nach Suez. Rasch wurde das Fernrohr, das Uhrwerk und die Unzahl von Instrumenten und Chemikalien verpackt, auf Kameele verladen und nach dem Hafen transportirt. Am 21. August sagten wir der öden Felseninsel Lebewohl und steuerten nach Suez.« (Vogel, die chemischen Wirkungen des Lichts, Leipzig 1874.)

Unsere Abbildungen Figg. 190 und 191 geben eine getreue Kopie der durch die deutsche Expedition aufgenommenen Photographien. Man erkennt hier, ebenso wie bei den Abbildungen der Finsterniss von 1860, einzelne Protuberanzen, welche in Fig. 192 nach den Darstellungen, wie sie in Indien von Major Tenant zur selben Zeit photographirt wurden, in vereinigtem Gesammtbilde erscheinen. Warren de la Rue hat später die Tenant'schen Photographien zusammen gezeichnet, welches Bild wir in Fig. 193 reproduziren. Die bedeutende Höhe der Protuberanzen tritt hier besonders hervor. Die Protuberanz *A*, welche auch in Fig. 191 (v. d. Expedition in Aden) ersichtlich ist, hatte nach Dr. Vogel's Berechnung eine Höhe von 18,000 deutschen Meilen. Dieselbe stand hornartig am östlichen Rande der Sonne hinaus und machte den Eindruck einer gewaltigen brennenden Gasmasse. Ausserdem sind auf der Zeichnung Warren de la Rue's der Mondweg, die Sonnenachse und die Sonnenflecken angegeben, welche an jenem Tage auf dem Observatorium zu Kew photographirt worden sind.

Die zweite Sonnenfinsterniss vom 7. August 1869 wurde mit besonderem Eifer in Amerika verfolgt. Gegen hundert Photographen waren zur Beobachtung dieses Phänomens nach dem Staate Jowa in Nordamerika dirigirt und standen unter der Leitung des Professors Morton aus Philadelphia. Der Kongress hatte dazu fünftausend Dollars bewilligt. Die photographischen Aufnahmen wurden von Dr. B. A. Gould geleitet. Ausserdem hatte die Regierung der Union noch drei Expeditionen nach verschiedenen Stationen Nordamerika's ausgerüstet und mit den ausgezeichnetsten Hülfsmitteln zur Beobachtung versehen. Es wurden 279 brauchbare photographische Aufnahmen jener totalen Sonnenfinsterniss durch circa 30 Fernrohre erzielt, und waren die Resultate die glänzendsten, die bislang erreicht waren.

Die Schilderung, welche Mr. Edward Wilson in den »photographischen Mittheilungen«, Oktoberheft 1869 giebt, gestatten uns einen Einblick in das energische Arbeiten, welches die Amerikaner nicht nur in Bezug auf materielle Interessen, sondern auch auf wissenschaftliche Forschungen auszeichnet.

Wilson war im Vereine mit Professor Morton zu Mount-Pleasant stationirt. Seine Originalmittheilung lautet folgendermassen:

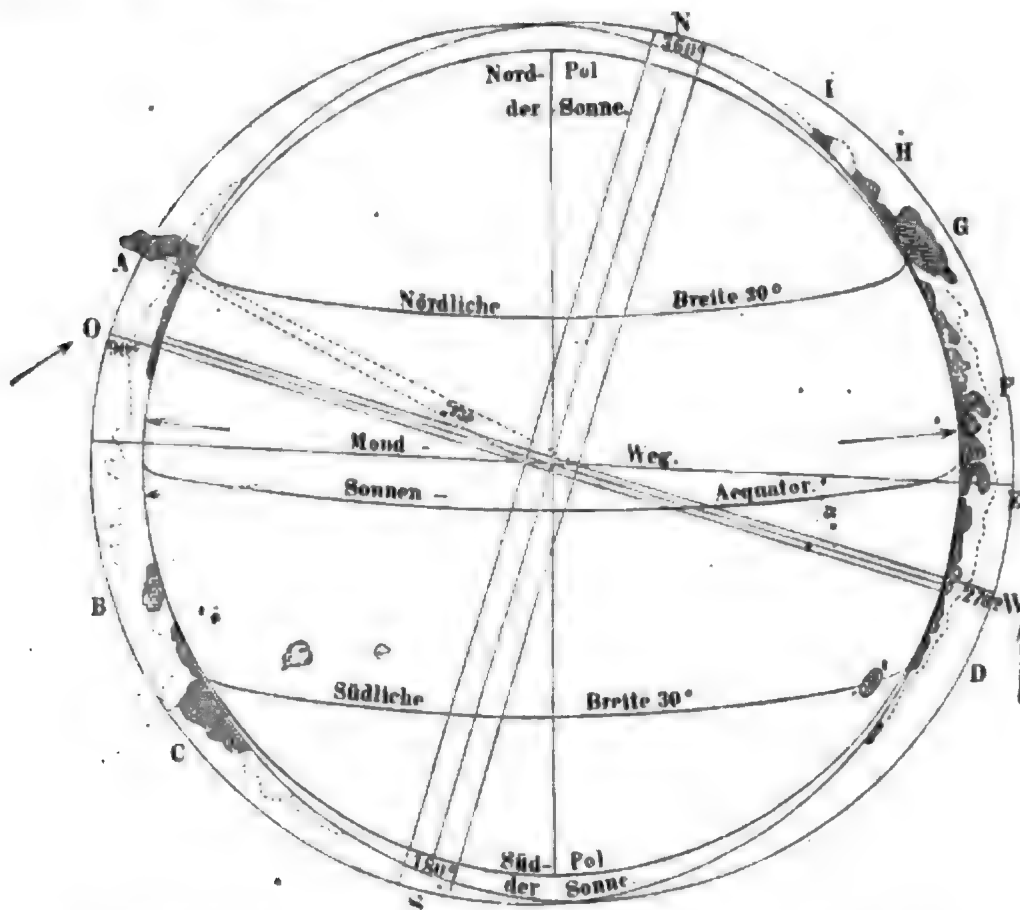



Fig. 193. Sonnenfinsterniss, nach Photographien von Warren de la Rue gezeichnet.

»Die Nacht vor dem 7. August erschien der Himmel bewölkt, hellte sich aber am Morgen zu einem sehr klaren und wolkenlosen Tage auf, wie seit Monaten keiner gewesen war. Unser Dunkelzelt war gross und bequem. Zwei Schlitze zu beiden Seiten erlaubten die Kassetten aus- und einzuführen. Das Teleskop war nur $1^2/_3$ Meter vom Zelt. Die Chemikalien waren die gewöhnlichen, in unseren Ateliers üblichen. Die erste Platte stak bereits im Rohr. Professor Watson signalisirte uns durch Aufheben der Hand den Expositionsmoment, der Augenblicksverschluss klappte auf und zu und das erste Bild war exponirt. Die Entwicklung ergab ein Bild der Sonne, das wie ein leicht vom Daumen eingedrückter Apfel aussah. Nun machten wir ununterbrochen Platten in Zwischenräumen von 5 und 10 Minuten bis zur Totalität und von da ab wieder bis

zur Trennung der beiden Gestirne. »Die Totalität kommt in sechs Minuten« schrie Professor WATSON und wir wiederholten es für unsere Freunde im Dunkelzelt. Die Platten kamen, die Totalität trat ein; sie dauerte 2 Minuten und 48 Sekunden. Es waren Männer genug zum Arbeiten da, es ging Alles vorzüglich und unsere Expedition reüssirte glänzend. Drei von uns waren aber Märtyrer der Wissenschaft, nämlich die Männer in der Dunkelkammer. Es haben mehr Yankees den Niagarafall und die Mammuthhöhle in Kentucky gesehen, als die Finsterniss vom 7. August, und es wird bis 1901 dauern, ehe eine andere sichtbar sein wird, und diese drei Männer arbeiteten wie Helden und sahen nichts von dem grossartigen Phänomen. Unsere Position am Fernrohr gestattete uns, während unserer Arbeit das Fortschreiten der Finsterniss leicht zu beobachten. Eine Viertelstunde nach Eintritt des Mondes merkte man schon die Abnahme der Helligkeit und nahe vor der Totalität wurde die Luft so viel kühler, dass wir einen Tuchrock an Stelle unseres Leinenkittels zu haben wünschten. Die Luft sah aus, als wollte sich ein Sturm entfalten. Eine Wolkenbank that sich im Süden auf, sie fing an sich zu färben, erst silberweiss, dann grau, dann gelblich, dann glänzend gelbroth. Das Himmelblau ging in verschiedene Farben über. Unsere Gesichter erschienen uns schwarzgelblich. Wir beobachteten dies Alles mit einer gewissen Aufregung wegen der Sorge um unsere Erfolge. Die Totalität kam. Es war dunkel, aber nicht das Dunkel der Nacht. Lesen hätte man nicht können. Es war dunkler ringsum als in einer hellen Mondnacht, doch hell genug, um unsere Arbeit zu verrichten. Einen Moment vor völliger Totalität erschien die schmale Sonnensichel noch ganz blendend, dann erlosch das Licht wie eine abgebrannte Kerze. Da hingen Sonne und Mond, die beiden gewaltigen Gestirne, face à face zwischen Himmel und Erde, ein grosser schwarzer runder Fleck, umgeben mit einem glänzenden Lichtkreis von bräunlich goldiger Farbe, hier und da unterbrochen durch die helleren Flecke der fleischfarbenen Protuberanzen von ganz unregelmässiger Grösse und Gestalt und umgrenzt von der herrlichen Corona, welche ihre Strahlen nach allen Richtungen schoss, am schwächsten dort, wo die Protuberanzen am grössten waren, aber alles in Glorie hüllend, wunderbar schön, als wäre der Schöpfer im Begriff, an diesem Wunder seine Allmacht zu zeigen. Alles war still, nur das Zählen der Astronomen und das Schlagen unseres Momentanverschlusses unterbrach das Schweigen. Die Erscheinung war wie ein Riesenbild der Laterna magica, aufgefangen auf dem Himmel als Bildschirm. Wir sahen uns um, es erschienen einige Sterne, sie blickten uns fast vorwurfsvoll an. Ein ähnliches Gefühl erregte in uns das Sichtbarwerden der grossen Protuberanz am unteren Sonnenrande.

Vier Platten waren belichtet, da plötzlich erfüllte sich das Wort »es werde Licht« und »es ward Licht« und heraus quoll eine mächtige glänzende Flut von Licht, gleich den stürzenden, schäumenden Niagarawassern. Die Sonne trat hervor wie eine Siegerin aus dem Titanenkampfe und mit Jubel wurde sie von dem ringsum versammelten Volke begrüsst. Immer grösser wurde die Sonnensichel, immer heller und wärmer ihre Strahlen, bis die Tageskönigin wieder in voller Gestalt und Glorie am Himmel stand. Die gewonnenen Negative wurden sofort in Originalgrösse reproduzirt und von diesen sekundären Negativen liefern wir folgende Abdrücke (Fig. 194).

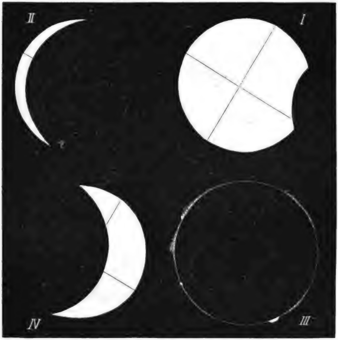



Fig. 194. Sonnenfinsterniss-Photogramme 1869 (Morton's amerikanische Expedition).

Das erste Bild oben rechts (I) war das sechste oder siebente nach dem ersten Kontakt; die Sonnenflecke sind im Original sichtbar, ebenso das Fadenkreuz zur Bestimmung der Position, der eine Faden ist parallel dem Erdäquator, das zweite Bild war kurz vor der Totalität gemacht, und zeigt den Fortgang des Mondes. III ist ein Totalitätsbild. Die Expositionszeit war nur zu kurz, um die Hauptprotuberanzen

Digitized by Google

alle zu erhalten, ehe sie durch die Fortbewegung des Mondes zugedeckt wurden. Die Corona ist darin kaum sichtbar. Das Bild giebt den besten Begriff von der Gestalt und Grösse der Protuberanzen, obgleich bei der Reproduktion Mancherlei verloren gegangen ist. Die Protuberanz im unteren Theile der Figur war die grösste und hellste. Das letzte Bild (IV) ist dreiviertel Stunden nach der Totalität gemacht. Wir glauben sagen zu dürfen, dass noch niemals so gute Photographien der Sonne erhalten worden sind.«

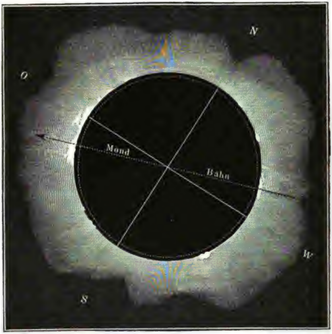



Fig. 195. Amerikanische Photographie der Sonnenfinsterniss von 1869 (Whipple).

Figur 2 auf Tafel V giebt die Kopie einer Sonnenfinsterniss-Photographie wieder, welche am 7. August 1869 von Dr. Gould in Burlington in Amerika bei 7 Sekunden Expositionszeit im Momente der Totalität aufgenommen wurde.

Eine fernere Expedition wurde in Amerika von dem obengenannten Mr. Whipple aus Boston zu Shelbyville in Kentucky dirigirt; eine dritte hatte sich nach Davenport, eine vierte nach Jefferson-City begeben.

Digitized by Google

Letztere war nicht vom Wetter begünstigt und hat nur vier Bilder der Totalität aufgenommen.

In Fig. 195 ist die im Jahre 1869 in Amerika beobachtete totale Verfinsterung mit den photographirten Protuberanzen und der Corona zu einem Gesammtbilde vereinigt. Die Protuberanzen bei dieser Finsterniss glichen theils vulkanischen Feuerausbrüchen, theils fortgetriebenen Feuerwolken.

Die Expedition, welche am 22. September 1870 unter Leitung des englischen Astronomen Lockyer von der englischen Regierung nach Catania in Sizilien entsendet worden, hat infolge störender Witterungseinflüsse keine bedeutenden Erfolge aufzuweisen. Es ist dies um so mehr zu bedauern, als sich derselben auch Roscoe aus England und H. W. Vogel aus Berlin angeschlossen hatten.

Fig. 196. Sonnenfinsterniss-Photographie vom 12. Dez. 1871.

Die genannten Forscher hatten zur Beobachtung der an dem bestimmten Tage stattfindenden Sonnenfinsterniss den Aetna erstiegen und waren auch bis 1500 Meter über die Meereshöhe gelangt, als plötzlich ein trüber Wolkenschleier den Himmel überzog und dichter Schneefall sie an weiterem Vordringen verhinderte. Obwol sich das Wetter wieder aufgeklärt hatte, zog im Moment, wo der erste Kontakt des Sonnenrandes mit dem Mondrande beobachtet werden sollte, aus Norden eine ungeheuere, gelblich gefärbte Wolke heran, welche sich in ein dichtes Hagelwetter auflöste. Während der Totalität war die Sonne durch eine dunkelgraue Atmosphäre verhüllt und alle Anstrengungen und die so mühsamen Vorbereitungen wären vergeblich gewesen, wenn nicht andere erfolgreiche Untersuchungen die Reisenden in mannichfacher Beziehung entschädigt hätten.

Die vierte Finsterniss, welche im Laufe des letzten Jahrzehnts zur Beobachtung kam, fand am 12. Dezember 1871 statt und war in



Digitized by Google

Ostindien sichtbar. Figur 196 zeigt uns eine herrliche Darstellung der Corona, wie dieselbe durch Davis, den Astronomen Lord Lindsay's, am 12. Dezember 1871 in Indien aufgenommen wurde. Der Mond erscheint hier in ovaler, durch rasches Vorbeirücken an der Sonnenscheibe bedingter Gestalt. Die Protuberanzen sind aus den oben (S. 181) angeführten Gründen chemischer Ueberwirkung nicht zu sehen. Eine weitere Darstellung dieser interessanten Sonnenfinsterniss liefert das Bild No. 3 auf Tafel V. Dasselbe wurde mit dem stationären Apparat und einem lichtstarken Porträtobjektiv von 3 Zoll Oeffnung von C. Dietrich, Photograph aus Buitenzorg bei Batavia, an dem genannten Tage zu Tjilentap auf Java in 1/2 Sekunde Expositionszeit mit gewöhnlichen empfindlichen Chemikalien, in einer Grösse von 3 Millimeter Durchmesser aufgenommen. Wir verdanken die Kopie, nach welcher unser Tafelbild vergrössert wurde, der Vermittelung des Herrn Prof. Vogel in Berlin.

Fassen wir die aus den verschiedenen Sonnenfinsternissen vom Jahre 1860 bis 1871 gewonnenen photographischen Resultate zusammen, so finden wir in den bezüglichen Abbildungen nicht nur die sich folgenden Momente der Verfinsterung treu wiedergegeben, sondern es erscheinen auch die Grenzen des Sonnenrandes in einer früher nicht erreichten, und selbst durch die fleissigste Zeichnung kaum erreichbaren Vollkommenheit. Die Protuberanzen zeigen auf einzelnen Platten eine bewundernswerthe Schärfe der Darstellung, während sich auf anderen photographischen Bildern die Corona mit ihren rechtwinklig auf der dunkeln Mondscheibe stehenden Strahlen herrlich markirt. Vergleicht man viele Bilder mit einander, so überzeugt man sich, dass die hellsten Stellen der Corona augenscheinlich mit den Protuberanzen in Zusammenhang stehen. Es hat sich nämlich bei genauen Vergleichen herausgestellt, dass das Licht der Corona weder, wie man bisher glaubte, eine durch unsere Erdatmosphäre bedingte Lichtbrechungserscheinung ist, noch auf reflektirtem Sonnenlichte beruht; man hält sie vielmehr für eine direkt von der glühenden Sonnenatmosphäre ausstrahlende Lichtmasse, wogegen die amerikanischen Beobachter die Erscheinung für eine elektrische Entladung von sehr schneller Bewegung ansehen und dieselbe der Natur des Nordlichtes an die Seite stellen.

Weitere mit Hülfe der Photographie anzustellende Untersuchungen werden auch diese Streitfrage zu endlicher Lösung bringen.

### 3. DER MOND.

Während der mächtige Centralkörper unseres Planetensystemes als der unerschöpfliche Born des Lichtes und der Wärme, der Kraft und des Lebens sich erweist, drängt sich uns bei der Betrachtung des

Fig. 197. Mond (erstes Viertel) nach einer Photographie von Warren de la Rue.



Digitized by Google

Mondes der Gedanke auf, dass dessen Rolle eine verhältnissmässig im Weltall sehr unbedeutende und er nur in seiner Eigenschaft als unzertrennlicher Begleiter der Erde, als Reflektor des Sonnenlichtes, unsere Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen berechtigt sei. Der Mond ist todt und giebt uns gleichsam ein Zukunftsbild unserer Erde, während die gasförmig-glühenden Massen auf der Sonne uns einen Begriff von der Vergangenheit unseres Planeten zu geben im Stande sind.

Kaum war im Jahre 1839 die Einwirkung des Lichtes auf die jodirte Silberplatte von Daguerre gefunden, als man auch versuchte, die chemische Wirkung der Mondstrahlen auf die Jodsilber-Schicht zu erproben, und schon Arago hat im Jahre 1840 das Daguerre'sche Verfahren für die Darstellung des Mondes in einer Sitzung der Akademie empfohlen. Bei der geringen Empfindlichkeit der damals im Gebrauch gewesenen chemischen Reagentien und deren langsamer Wirkung konnte jedoch von einem vollkommenen photographischen Mondbilde noch nicht die Rede sein. Es wurde nur konstatirt, dass die Strahlen des Mondlichtes eine chemische Einwirkung auf die Daguerreotypplatte überhaupt besitzen.

Die Ersten, welche befriedigende Lichtbilder des Mondes aufnahmen, waren Professor Bond zu Cambridge, sowie Whipple und Black zu Boston in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Dieselben erhielten im Jahre 1850 ein Daguerreotypbild des Mondes, indem sie eine jodirte Silberplatte in den Fokus des grossen Reflektor des Harwarder Observatoriums einstellten; einige ihrer Bilder waren auf der grossen Londoner Ausstellung vom Jahre 1851 zu sehen; andere wurden in der Versammlung der englischen astronomischen Gesellschaft im Mai 1851 vorgezeigt.

In der zweiten Hälfte des Jahres 1852 stellte Warren de la Rue einige sehr gelungene Photographien des Mondes her (Fig. 197). Er brauchte eine Expositionszeit von circa 15 Sekunden und wandte dabei zum ersten Male das Kollodiumverfahren auf Glasplatten zur Gewinnung astronomischer Bilder an. Vermittels eines äquatorial aufgestellten Teleskops von 13 Zoll Oeffnung und 10 Fuss Fokaldistanz gelangte er zu Resultaten, die heute noch das ungetheilte Lob der Fachmänner geniessen und sind Kopien jener Bilder bekanntlich zu Tausenden in den Handel gekommen. Im Jahre 1853 befasste sich der englische Professor Philipps mit demselben Gegenstande und theilte das Resultat seiner Erfahrung in einer zu Hull abgehaltenen Versammlung mit. Später haben sich Secchi in Rom und Fry in Brighton, sowie der Astronom Huggins in London mit Mondphotographien beschäftigt. Die dabei angewendeten Fernrohre waren Refraktoren. Eine aber bis heute noch

unübertroffene Vollkommenheit erhielten die photographischen Aufnahmen des Mondes durch Rutherfurd in Newyork. Derselbe gebrauchte zur Darstellung eines guten Mondnegativs in der Zeit des Vollmondes nur 2 bis 5 Sekunden. Im ersten und im dritten Viertel steigt die Expositionszeit bis auf 20 und 30 Sekunden und hängt solche auch von der Empfindlichkeit des Kollodiums ab. Die erhöhten Stellen der Mondoberfläche, welche als Mondberge beschrieben werden, und besonders die hell erleuchteten Gipfel dieser Berge, geben nach Rutherfurd rascher und schneller ein Bild, als die unter dem Namen der Mondmeere bekannten tiefer liegenden Gegenden.

Figur 198 zeigt uns die getreue Kopie einer weiteren photographischen Mondaufnahme von Warren de la Rue, und in Fig. 199 geben wir zum Vergleiche ein nach einer Zeichnung gefertigtes Bild der Mondoberfläche.

Fig. 198. Warren de la Rue's Photographie des Vollmonds.

Die Schwierigkeiten, welche sich der Mondphotographie entgegenstellen, haben einen doppelten Grund. Erstens veranlassen die Maschinerien, welche das Teleskop bewegen, infolge der differenten Laufbahn des Mondes Störungen — zweitens bringt bei der Operation mit grossen Objektiven der Umstand, dass der optische und chemische Brennpunkt der Linsen nicht zusammenfallen, Unregelmässigkeiten hervor.

Das Uhrgetriebe des Teleskops muss nämlich bei der Aufnahme von Mondbildern genau nach der stets wechselnden Mondzeit gestellt werden, und ist dabei zu beachten, dass die Mondzeit von der Sternzeit infolge der veränderlichen Bewegung des Mondes in seiner Bahn gegenüber den täglichen Bewegungen der Sterne abweicht. Wenn daher ein Uhrgetriebe, welches für einen Stern gestellt war, nach dem Lauf des Mondes gerichtet werden soll, so muss es mehr oder weniger verlangsamt werden. Warren de la Rue bewerkstelligte dies durch Verkürzung des Uhrpendels, indem er auf diese Weise die Drehungszeit änderte und modifizirte.

Digitized by Google

Was den zweiten Punkt, die Fokusdifferenz, anlangt, so rückt bei Refraktionsteleskopen der photographische Fokus zu weit von dem optischen Brennpunkte für die Aufnahme weg, als bei Reflektoren, indem jene Instrumente nur für das beste optische Bild hergestellt sind und für die chemischen Strahlen nicht berechnet wurden. Die Reflektoren aber, bei welchen alle Strahlen an fast gleicher Stelle zum Fokus gelangen, haben eben aus diesem Grunde für die Astro-Photographie beträchtliche Vorzüge.

Da der Fokus einer Korrektion für das optische und chemische Bild bedarf, so ist bei Refraktoren eine bezügliche Berechnung nothwendig. Warren de la Rue schreibt das vorzügliche Gelingen seiner Bilder hauptsächlich der Anwendung eines Reflektors zu, wenn auch seine Mitarbeiter auf demselben Gebiete Refraktoren mit Erfolg gebraucht haben.

Rutherfurd fand durch Berechnungen und durch praktische Versuche, dass bei seinen Refraktoren der photographische Brennpunkt 1,75 Centimeter jenseit des optischen gelegen war. In neuerer Zeit ist es ihm gelungen, ein astronomisches Objektiv von Flint- und Crownglas zu konstruiren, bei welchem der optische und chemische Brennpunkt zusammenfallen. Mit diesem Objektiv hat Rutherfurd die meisten seiner berühmt gewordenen photographischen Mondbilder dargestellt; wir geben auf unserer Tafel I Fig. 12 und auf Tafel V Fig. 5 und 6 die Photographien dreier uns von Rutherfurd für unser Buch zur Verfügung gestellter Mondaufnahmen in getreuer Abbildung wieder.

Schon mit unbewaffnetem Auge nehmen wir an der Oberfläche des Mondes eigenthümliche Ränder, ovale, zackige und gestreckte Vertiefungen und Erhabenheiten wahr, welche sich bei Benutzung eines guten Fernrohres als mannichfaltige Formen von Bergen und Thälern, hohen Zacken und kraterförmigen Vertiefungen, Unebenheiten und langgestreckten Gebirgszügen ergeben; diese Gebilde machen den Eindruck einer ursprünglich flüssigen Masse, aus deren Innerem kräftige Eruptionen hervorbrachen, welche einen dickflüssigen Stoff ausgetrieben und die kreisförmig erhöhten Ränder der Krater gebildet haben müssen.

Was nun den wissenschaftlichen Werth der Mondphotographie anlangt, so fällt vor Allem der Umstand ins Auge, dass niemals eine Zeichnung auch nur annähernd diejenigen Feinheiten der Mondoberfläche zu bieten vermag, welche durch eine gute bezügliche Photographie erzielt werden; auch wurde erst durch die photographische Darstellung stereoskopischer Mondbilder für das beschauende Auge des Laien konstatirt, dass der Mond keine Scheibe, sondern eine Kugel sei.

Das photographische Bild zeigt uns weiter, dass niemals eine volle Mondhalbkugel, selbst nicht zur Zeit des Vollmondes, sichtbar wird,

ausgenommen kurz vor oder nach einer Mondfinsterniss, oder überhaupt, wenn Erde und Mond sich nahezu mit der Sonne in einer geraden Linie befinden. Wir entdecken nämlich bei genauer Durchsicht einer grösseren Sammlung photographischer Mondbilder, dass die scheinbaren Grenzen der Mondscheibe zu verschiedenen Zeiten auch sehr verschieden sind.

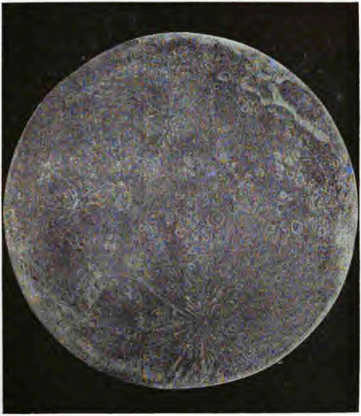


Fig. 199. Schema der Mondoberfläche.

Wir finden den Grund dieser unregelmässigen Erscheinung in den die Bewegung des Mondes begleitenden Schwankungen. Da die Umlaufzeit des Mondes mit seiner Achsendrehung übereinstimmt, so ist uns immer dieselbe Mondhalbkugel zugekehrt, welche demnach keinen Wechsel bieten würde; infolge der Schwankungen aber blicken wir etwas mehr bald auf die Westseite, bald auf die Ostseite unseres Satelliten; bald ist uns

der Nordpol des Mondes, bald wieder der Südpol zugewendet, so dass es den Anschein hat, als ob der Mond bei seiner Drehung gleichsam eine perpetuirliche Pendelbewegung mache. Man nennt diese Schwankungen der Mondkugel die Librationen des Mondes, und zwar die Libration der Länge: die Schwankung nach Westen und Osten (Fig. 200 *L*),

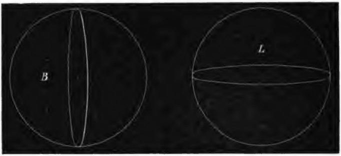



Fig. 200. Libration der Breite und Länge.

die Libration der Breite: die Schwankung nach Norden und Süden (Fig. 200 *B*). Dieses Schwanken des Mondes bietet ein wichtiges Hülfsmittel zur Darstellung stereoskopisch-photographischer Abbildungen unseres Satelliten.

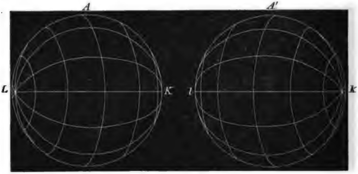



Fig. 201. Libration der Länge.

Damit die beiden in Längen- und Breitenlibration differirenden Mondbilder ein gutes Stereoskopbild zu geben im Stande seien, müssen sie dem Verhältniss der Augenachsen entsprechen, das heisst es müssen die beiden Bilder so aufgenommen sein, dass das eine mehr von der rechten, das andere mehr von der linken Seite dem Beobachter sich darbietet (s. Kapitel IV S. 40, über das Stereoskop). Wenn nun die

Digitized by Google

Entfernung beider Augen von einander $6^1/_2$ Centimeter und die Entfernung des deutlichsten Sehens gleich 24 Centimeter angenommen wird, so finden wir das Maximum des stereoskopischen Winkels von 15° 58′.

Die möglichst weite Verschiebung eines Objekts, z. B. eines Bergkegels auf dem Monde, beträgt bei der Längenlibration von Ost nach West 15° 50′, was mit dem Maximum des stereoskopischen Winkels fast identisch ist. Die Bewegung der Breitenlibration von Nord nach Süd übersteigt nie mehr als 13° 34′, welche Abweichung ebenfalls innerhalb des stereoskopischen Winkels fällt. In der Berücksichtigung obiger Gesetze liegt demnach die Möglichkeit, einen richtigen stereoskopischen Effekt für Mondbilder zu erreichen, vorausgesetzt, dass bei der photographischen Aufnahme des Mondes die Libration durch Verbindung zweier in genügend von einander entfernten Perioden aufzunehmender Mondansichten benutzt und genau nach Berechnung verfahren wird; der praktische Versuch lehrt nämlich, dass nicht immer zwei beliebige Mondbilder, welche unter verschiedenen Lagen der Libration aufgenommen wurden, einen richtigen stereoskopischen Effekt hervorzubringen im Stande sind, man vielmehr im Voraus durch Berechnung die Epochen der Libration zu finden hat, an welchen die beiden zur Herstellung eines stereoskopischen Bildes nothwendigen Photographien aufgenommen werden müssen.

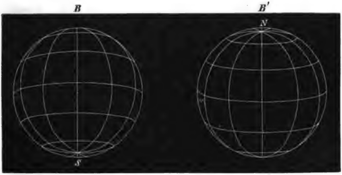



Fig. 202. Libration der Breite.

Unsere Figuren 201 und 202 zeigen schematische Darstellungen der Mondschwankung nach Ost und West, nach Nord und Süd. In Fig. 201 *A* sehen wir bei *L* ein Stück von der uns abgewendeten westlichen Seite des Mondes infolge der Längenlibration hervorkommen, welches in Fig. *A′* wieder verschwunden ist, um durch Gegenschwankung ein Stück der hinteren Ostseite (*k*) zum Vorschein kommen zu lassen. In Fig. 202

Digitized by Google

ist die Breitenlibration schematisch dargestellt, bei welcher zu Zeiten der Südpol *S* (*B*), zu Zeiten der Nordpol *N* (*B'*) uns mehr zugekehrt ist.

In Figur 203 sind beide Verhältnisse zu einem stereoskopischen Bilde verwerthet, dessen Original wir wiederum Rutherfurd verdanken.

Ein weiterer wissenschaftlicher Vortheil photographischer Mondaufnahmen liegt in dem Umstand, dass Theile des Mondes, welche in optischer Beziehung gleich hell sind, keineswegs in chemischer Beziehung eine analoge Wirksamkeit äussern. Daher korrespondiren nicht in allen Fällen Licht und Schatten des photographischen Produkts in ihrer Intensität ganz genau mit Licht und Schatten des optischen Bildes, und macht die Photographie oft Einzelheiten sichtbar, welche der optischen Beobachtung sich entziehen. So z. B. reflektiren gewisse Mondgegenden, welche wahrscheinlich eine von einander verschiedene Zusammensetzung haben, die chemischen Strahlen je nach ihrer Natur mit grösserer oder geringerer Wirksamkeit, und verspricht daher die Anwendung der Photographie auch in dieser Richtung eine reiche Ausbeute.

Fig. 203. Rutherfurd's stereoskopisches Doppelbild des Mondes.

An manchen Stellen bringt die Mondoberfläche erst ganz allmählich photographische Eindrücke hervor und verlangt eine 5 bis 6 Mal grössere Expositionszeit als an anderen Theilen, welche anscheinend nicht heller, aber günstiger beleuchtet sind. Der Berggipfel im Mittelpunkt des Mondgebirges Tycho, welcher nach den aus den Längen der Schatten ermittelten Höhenmassen ungefähr eine englische Meile hoch ist, und welcher in unseren Rutherfurd'schen photographischen Abbildungen (Fig. 203) unten links von den Medianlinien der Bilder zu sehen ist, erscheint in allen Photographien sehr deutlich, und es werden die Details im Innern des Kraters sehr gut unterschieden (Tafel V. Fig. 5 und 6).

Digitized by Google

Der Berggipfel des Tycho (Fig. 204) scheint der Centralpunkt einer enormen Mondrevolution gewesen zu sein, welche die Mondrinde fast über die ganze sichtbare Oberfläche aufbrach, indem viele strahlende Linien nach jenem ausgestorbenen Vulkane konvergiren. Ueber diese merkwürdigen Linien sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden.

Fig. 204. Das Ringgebirge Tycho (nach Nasmyth).

Wenn man einige Reihen von Photographien, die unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen aufgenommen wurden, genau prüft, so überzeugt man sich leicht, besonders bei Anwendung eines Stereoskops, dass jene Linien von Furchen in der Mondoberfläche herrühren. In einigen Fällen sind diese Furchen oder Rillen von Kratern unterbrochen, welche sich in einer folgenden Periode wol gebildet haben müssen; in anderen

Fällen hat die Rille den Krater verschoben, welcher daher früher existirt haben muss.

Eine sehr bemerkenswerthe Rille, die sich in einer Breite von circa $12^1/_2$ Meilen vom Tycho aus über den 45sten Mondbreitegrad in nordöstlicher Richtung erstreckt, ist die tiefste auf der ganzen Mondoberfläche. Der östliche Theil dieser Furche begrenzt den Berg Heinsius und der westliche Streifen dehnt sich bis zum Berge Euklides aus, wo die Furche sehr seicht wird, aber fast bis zum Berg Kepler verfolgt werden kann.

Eine andere sehr helle Furche läuft vom Tycho in langer nordwestlicher Richtung und erstreckt sich über 100 Breitegrade weit durch die Berge Menelaus und Bessel in das Mare Serenitatis; sie zieht dann an der Spitze eines Vorgebirgs vorbei bis zum Lacus somniorum, wo sie von einer anderen Furche gekreuzt wird, welche sich tangentenförmig zu den sog. Apenninen begiebt. Die Kreuzung dieser Streifen entspricht der Form des Buchstaben *X* und deutet die Kreuzungsstelle auf einen anderen Eruptionspunkt im 25. Grad nördlicher Breite und im 24. Grad westlicher Länge. Eine weitere Furche, welche vom Tycho ausgeht, erstreckt sicht durch den Krater Plana hindurch, lässt den Krater Burg unberührt östlich liegen und endigt im Süden des Berges Strabo auf dem 60. Grad nördlicher Breite und 45. Grad westlicher Länge.

Nicht nur das Netzwerk der strahligen Linien auf der Oberfläche des Mondes, sondern auch die Terrassen in den inneren Wänden jener wunderbaren Vulkane, die doppelten Centralkegel und die Krümmungen der Kraterböden erscheinen in kräftigen Umrissen auf unseren photographischen Bildern. So gehören die Abbildungen des Apenninischen Bergrückens zu den schönsten Erfolgen der Mondphotographie. Es werden mannichfache Einzelheiten in Bezug auf Färbung und Form in jenen ungeheueren Bergrücken deutlich, welche bisher der sorgfältigsten Beobachtung entgangen waren und auf die man nur durch die Photographie aufmerksam geworden ist.

Die vollkommen schwarzen Schlagschatten der Mondberge, welche in der Photographie durch die schärfsten Gegensätze von Licht und Dunkel hervortreten, geben den Beweis, dass überall auf dem Monde, wohin die Sonnenstrahlen nicht unmittelbar gelangen, eine bedeutende Dunkelheit herrscht (Fig. 205). Das diffuse Tageslicht, welches von den Schatten irdischer Gegenstände in unser Auge dringt, fehlt im Effekt der Mondphotographien, mithin wol auch auf dem Monde. Ebenso beweisen die klaren Photographien der Mondoberfläche, dass unser Trabant von keiner der unsrigen einigermassen ähnlichen Atmosphäre umgeben sein kann. Wäre letzteres der Fall, so würde es kaum denkbar sein, dass

die von der Mondoberfläche zu uns kommenden Lichtstrahlen durch einen Dunst- und Luftkreis hindurch nicht verändert werden sollten. Wo kein Dunstkreis ist, kann auch kein Wasser sein, mithin sind die in früherer Zeit als Meere angesehenen und beschriebenen grossen dunkeln Flächen auf der Mondoberfläche keinesfalls für grosse Wassermassen zu halten.

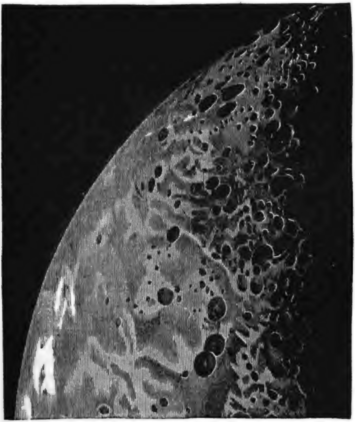


Fig. 205. Ein Stück der Mondsichel.

So wird denn die Photographie des Mondes für alle zukünftigen Mondbeobachtungen die hervorragendste Rolle spielen, denn wie Bär und Mädler in ihrem unschätzbaren Werke, woraus wir zum Vergleich mit unseren Mondphotographien ein verkleinertes Mondkartenbild in Fig. 206 beigefügt haben, über den Mond hervorheben, ist es ganz

Digitized by Google

unmöglich, selbst ein nur einigermassen befriedigendes Bild unseres Satelliten in jenen seltenen, kurzen Augenblicken darzustellen, während welcher alle nöthigen Umstände den Zeichner begünstigen. Man hatte früher den Mond unter sehr verschiedenen Lagen zu beobachten Veranlassung genommen, jedes Mass und jede Skizze auf das Mittel reduzirt, bevor an eine Zeichnung gedacht werden konnte; denn nicht nur die Stellung, auch die Gestalt der Objekte auf dem Monde wird durch die aus den Bewegungen des Mondes resultirenden Schattenunterschiede seiner Oberfläche von einem Abend zum andern verändert. Mit der Photographie aber können in einigen Sekunden Bilder des Mondes zu jeder Epoche erhalten werden, und wird der Werth dieser Bilder noch dadurch erhöht, dass bei der Prüfung der Originalnegative mit einem guten Mikroskop immer neue Einzelheiten zu Tage treten, welche in den Kratern und um dieselben herum durch die Vergrösserung sichtbar werden. Es ist die Zahl und die Verschiedenheit der Einzelbilder, welche bei mikroskopischer Betrachtung einer scharfen photographischen Mondlandschaft hervortreten, wahrhaft überwältigend, und geben die nach kleinen Negativen vergrösserten Rutherfurd'schen Mondbilder in allen ihren Einzelheiten immer neue Gelegenheit Interessantes zu entdecken.

In den letzten Jahren wurden von Ellery auf der Sternwarte zu Melbourne in Australien mittels eines grossen Spiegelteleskops vorzügliche Mondphotographien dargestellt, welche nach Mittheilung Warren de la Rue's einen Durchmesser im Original von fast 10 Centimeter besitzen, und hofft dieser Gelehrte, dass man bei geeigneter Behandlungsweise mit dem Melbourner Teleskop Resultate, welche alle bisher erhaltenen Bilder übertreffen, erreichen werde.

Ausser den erwähnten Leistungen hat Mr. Neyt aus Gent auf der Wiener Weltausstellung Mondphotographien zur Anschauung gebracht, welche zwar den Rutherfurd'schen etwas nachstehen, indessen immer noch eine vorzügliche Leistung genannt werden müssen. Neyt arbeitet mit einem Spiegelteleskope, das mit einem versilberten Glas von 9 Zoll versehen ist und dessen Fokallänge 5 Fuss 9 Zoll beträgt. Das Bild wird mit einem kleinen Prisma seitwärts gespiegelt und durch ein schwach vergrösserndes Okular aufgenommen. Das 25 Millimeter grosse Originalnegativ wird dann auf bekannte Weise vergrössert.

In England wurde für die Mondphotographie in den jüngst verflossenen Jahren ein reges Interesse durch die Publikationen von Nasmyth und Carpenter erweckt. Die genannten Forscher nämlich haben einen Atlas der Mondgeographie herausgegeben, in welchem die Abbildungen theils mit dem Teleskope nach der Natur, theils nach vorzüglich modellirten Reliefs photographisch dargestellt wurden. Die Tafeln sind für

eine deutsche Ausgabe (Der Mond, etc. bearbeitet von Dr. H. J. Klein) von der Firma Strumper & Co. in Hamburg in Lichtdrucken ganz vorzüglicher Leistung vervielfältigt worden.

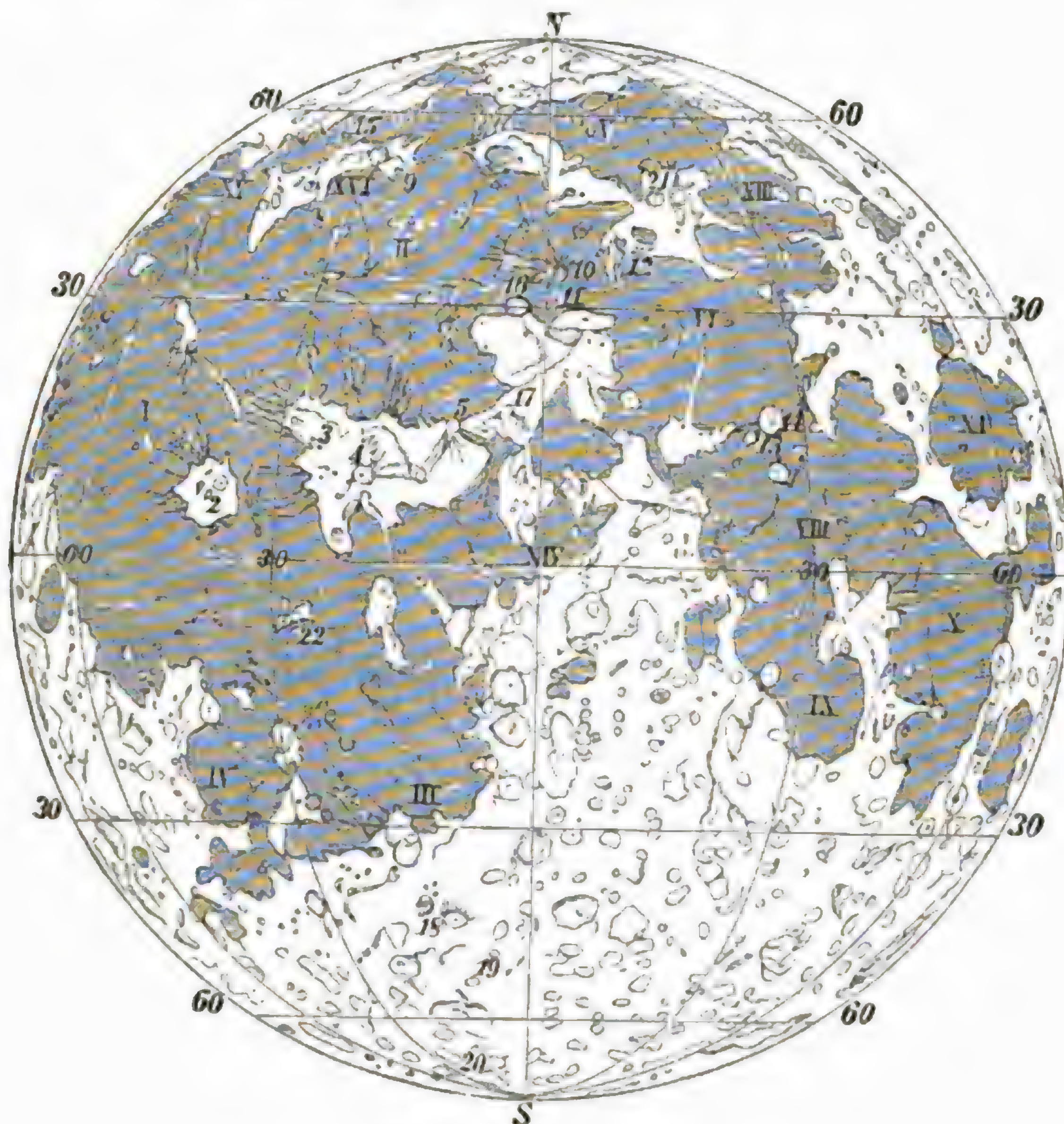



Fig. 206. Karte des Mondes.

Ausserdem fertigt der rühmlichst bekannte Optiker Hugo Schröder, ebenfalls in Hamburg, in einem in seinem Atelier eigens zu diesem Zwecke eingerichteten astronomisch-photographischen Observatorium mittels eines grossen Reflektors sehr gelungene Abbildungen des Mondes an. Das Instrument, mit welchem Schröder arbeitet, ist aus Metall gefertigt, hat ein Objektiv aus weissem Glas von 300 Millimeter freier Oeffnung und circa 5 Meter Brennweite. Das ungefähr 45 Millimeter grosse Mondbild wird von einem aus 4 Linsen bestehenden Vergrösserungsapparat aufgefangen und in der daran befindlichen Camera in einer unterschiedlichen Grösse von 80—200 Millimeter dargestellt. Zu einem

Mondbilde von 100 Millimeter Durchmesser gebraucht Schröder eine Minute Expositionszeit, und sind nach seinen Angaben bei der kleinsten Dimension schon die Terrassen in den Ringgebirgen, sowie die grösseren Furchen sichtbar. Die Bewegung seines Reflektors, bei welchem das Zusammenwirken sämmtlicher Linsen frei von einer Differenz des optischen und chemischen Fokus ist, wird durch zwei Uhrwerke, von welchen das eine auf die Rektascension, das andere auf die Deklination gleichzeitig wirken, bewerkstelligt. Schröder hat ausser mit Mondphotographien sich auch mit der Darstellung der Sonne, der Planeten, der Fixsterne und der Nebelflecke befasst, und giebt die Pflege dieses Zweiges der Wissenschaft durch einen so gewiegten Optiker gegründete Hoffnung zu vorzüglichen künftigen Leistungen.

## 4. PHOTOGRAPHISCHE DARSTELLUNG DER STERNE.

### a. FIXSTERNE UND PLANETEN.

Während die photographische Darstellung der Sonne und des Mondes ein objektives Bild der Oberfläche und der Grössendimensionen dieser beiden für unsere Erde bemerkenswerthesten Gestirne bezweckt, haben die photographischen Abbildungen der Fixsterne, und in zweiter Linie der Planeten, hauptsächlich die genauesten astronomischen Messungen der Konstellation mehrerer Gestirne zu einander im Auge. Die bedeutende Kleinheit, womit die Fixsterne, selbst durch die stärksten Teleskope, auf der matten Scheibe der Camera sich zeigen, lässt eine weitere Verwerthung der Photographie für die Zwecke der Fixstern-Astronomie nicht zu, indem das Bild eines Sternes im Negativ nur als Punkt erscheint, welcher wiederum erst deutlich durch eine gute Lupe zu erkennen ist. Während nun die Fixsterne infolge ihrer grossen Entfernung kein Bild ihrer Oberfläche zurücklassen, hat man — und sind es hier wieder die vorzüglichen Leistungen des englischen Astronomen Warren de la Rue — von verschiedenen Planeten, z. B. vom Jupiter und Saturn, deutliche photographische Abbildungen erlangt. Die enorme Entfernung, welche uns von den Fixsternen trennt, würde selbst mit Hülfe der Photographie für astronomische Messungen kein Resultat bieten, indem für alle Stellen unserer Erde die Lichtstrahlen, welche von einzelnen Fixsternen zur Erde gelangen, parallel erscheinen, wenn wir nicht innerhalb eines Jahres einen Weg von vierzig Millionen Meilen Durchmesser um die Sonne beschrieben, so dass wir nach einem halben Jahre vierzig Millionen Meilen von unserem jetzigen Standpunkt entfernt sind. Aus den Winkeln, welche die beiden von den jeweiligen Stellungen der Erde nach einzelnen Fixsternen gezogenen Linien bilden, hat

man die Billionen von Meilen betragende Entfernung der Fixsterne berechnet. Erst Jahrhunderte lang fortgesetzte Beobachtungen haben in dieser Beziehung zu einem Rechnungsresultate geführt, und werden die in den jüngsten Decennien angefertigten Photographien des Fixsternhimmels in späteren Jahrhunderten künftigen Forschern noch weit positivere Anhaltspunkte zu genauen Vergleichsberechnungen geben.

Von besonderem Interesse ist ferner die Photographie bei der Beobachtung von Doppelsternen. Durch gute Fernrohre bemerkt man, dass an manchen Stellen des Himmels, wo das unbewaffnete Auge nur einen einfachen Stern wahrnimmt, zwei oder mehrere Sterne beisammen stehen; diese Himmelskörper, deren man jetzt einige Tausende kennt, worunter viele dreifache und mehrfache sich befinden, haben das besondere Interesse der Astronomen in Anspruch genommen. Die neuere Astronomie nämlich hat Herschel's Ansicht bestätigt, dass diese Sternpaare in einer physischen Zusammengehörigkeit stehen und eine gegenseitige Wirkung auf einander ausüben, indem beide Sterne sich um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegen. Photographische Abbildungen von Doppelsternen sind von dem leider der Wissenschaft allzu früh entrissenen Astronomen Paschen mit vielem Fleisse dargestellt worden, und bestätigte derselbe, dass die Genauigkeit der photographischen Resultate die Beobachtungen der besten Heliometermessungen übertreffe. Photographische Aufnahmen der Fixsterne wurden, ausser von dem Genannten und von Warren de la Rue, schon vor 20 Jahren von Professor Bond in Amerika, sowie in neuerer Zeit mit grossem Erfolge von dem Astronomen Rutherfurd zu New-York vorgenommen. Um die feinen Punkte, welche die Sterne auf der lichtempfindlichen Platte als einziges Bild ihrer Form und Stellung zurücklassen, von den Pünktchen in der Kollodiumschicht zu unterscheiden, bedient sich Rutherfurd einer Doppelaufnahme des Sternbildes, indem er das Fernrohr, welches dem Lauf der Gestirne folgt, eine halbe Minute anhält, schliesst und es dann wieder in Gang setzt und von Neuem exponirt. Auf diese Weise entstehen immer zwei Bilder eines jeden Sternes des Sternbildes neben einander, und es sind mit Leichtigkeit diese Doppelbilder von den einfachen Kollodiumfleckchen zu unterscheiden. Um die Richtung der Sternbewegung von Ost nach West zu markiren, wird das Teleskop während der chemischen Wirkung des Sternlichts von Zeit zu Zeit in seiner Bewegung eingehalten, sodass hellere Sterne, welche eine rasche Wirkung hervorbringen, auf der Platte Streifen beschreiben, welche die Richtung der scheinbaren Sternbewegung anzeigen. Lichtschwächere Sterne nehmen eine längere Expositionszeit inAnspruch und lassen auf der empfindlichen Platte eine etwas breitere, aber undeutlichere

Markirung zurück. Diese Wirkung kommt von dem vibrirenden Licht der Sterne her, welches auch auf der Platte während der längeren Expositionszeit durch zitternde Hin- und Herbewegung einen etwas grösseren Eindruck hervorbringt. Es scheint dieses Sternfunkeln von den Bewegungen in unserer Atmosphäre herzurühren. Rutherfurd hat Sterne bis zur neunten Grösse photographisch dargestellt, Erscheinungen am Himmelsgewölbe, welche das unbewaffnete Auge niemals zu erreichen vermag. In dem Sternhaufen Praesepe hat derselbe auf einem Quadratzoll bei einer Expositionszeit von 3 Minuten 23 Sterne aufgenommen, von welchen einige neunter Grösse sind. In einer Sekunde erhielt er eine sehr gute Photographie des Castor, welchen Stern er einmal sogar in einer halben Sekunde auf die Platte zu photographiren im Stande war. Rutherfurd behauptet, mit seinem Objektiv von $11\frac{1}{4}$ Zoll Oeffnung alle Objekte, die man am Himmel sehen kann, vorausgesetzt, dass keine atmosphärischen Hindernisse die Lichtwirkung beeinträchtigen, aufnehmen zu können.

Fassen wir die wissenschaftlichen Resultate, welche sich aus den Photographien der Fixsterne ergeben, zusammen, so sind dieselben von hervorragendem Werthe für Sterngruppen, in denen die Sterne dicht beisammen stehen; als Beispiel dienen hier auf der nördlichen Halbkugel besonders die Plejaden, deren gegenseitige Stellungsverhältnisse erst durch photographische Bilder mathematisch genau bestimmt wurden. Auch die Sternbilder und Sterngruppen der südlichen Halbkugel sind in den jüngsten Jahren von einem deutschen Gelehrten, Dr. C. Schultz-Sellack, Professor der Physik an der Universität zu Cordoba in Südamerika, photographisch aufgenommen worden. Derselbe hat etwa 30 hervorragende Sterngruppen photographirt, von denen die reichsten 123 Sterne zählen. Die argentinische Regierung unterstützt unseres deutschen Landsmannes Streben in der anerkennenswerthesten Weise, und wurde das Observatorium zu Cordoba durch Anschaffung neuer geeigneter Objektive besonders für die betreffenden photographischen Arbeiten eingerichtet.

Was die oben erwähnte Photographie der Planeten anbelangt, so sind hier nur ziemlich spärliche Arbeiten zu verzeichnen. Derartige Darstellungen gehören wegen der bedeutenden Lichtschwäche dieser Gestirne zu den schwierigsten Aufgaben in der Astrophotographie. So verlangt z. B. die Photographie des Jupiter mit seinen Bändern, des Saturn mit seinen Ringen und des Mars mit seinen eigenthümlichen Zeichnungen der Oberfläche nicht nur eine ziemlich lange Expositionszeit, sondern auch eine sehr ruhige Atmosphäre. Trotz dieser Schwierigkeiten hat Warren de la Rue sogar stereoskopische Bilder dieser

Planeten angefertigt, indem er zwischen den einzelnen Aufnahmen so viel Zeit verstreichen liess, als einer Rotation des Planeten von 30 Graden entsprach. Weitere bezügliche Leistungen jedoch sind nicht bekannt geworden.

Eine manchmal nicht unerhebliche Störung für die Messung der gegenseitigen Sternkonstellationen wird auf der photographischen Platte durch die Minimal-Zusammenziehung beim Trocknen der Kollodiumhaut bedingt und haben PASCHEN und RUTHERFURD, welche spezielle bezügliche Untersuchungen anstellten, sehr erheblich von einander abweichende Resultate erhalten. Während PASCHEN eine Zusammenziehung von $^1/_{1523}$ bis $^1/_{2123}$ gefunden zu haben glaubte, giebt RUTHERFURD die Schrumpfung des Kollodiumhäutchens nur auf etwa $^1/_{28230}$ bis $^1/_{48000}$ an.

Die Ursache der Zusammenziehung fand RUTHERFURD in der Abkühlung der Glasplatte, einer Folge der Verdunstung des Kollodiumäthers: zu einer Differenz von $^1/_{28230}$ sei nur eine Temperaturveränderung von 4 Grad Fahrenheit nöthig. RUTHERFURD hat seine Messungen auf nahezu dreissig Platten an Aufnahmen der Plejadengruppe, die zu sehr verschiedenen Zeiten gemacht worden waren und welche in einem Bogen von 80 Minuten gegen 78 Sterne enthielten, ferner an Aufnahmen der Perseusgruppe, welche 34 Sterne auf jeder Platte zeigten, dann auf vielen Platten der Oriongruppe und der Cassiopea, ausgeführt. Da das Vertrauen in die Zuverlässigkeit der photographischen Messungsmethoden durch die Differenz der Versuche zweier so bedeutender Forscher, wie PASCHEN und RUTHERFURD, erheblich erschüttert wurde, unternahm es Professor VOGEL zu Berlin, jene Differenzen nochmals eingehend zu prüfen, und sprechen seine Versuche zu Gunsten der RUTHERFURD'schen Ansichten, mithin für die Zuverlässigkeit der astronomischen Messungen auf photographischen Platten.

Nach Professor VOGEL's neueren Untersuchungen lässt sich diese erhebliche Differenz nur durch die Annahme erklären, dass die verschiedenen im Handel vorkommenden Kollodiumsorten verschiedene Kontraktionsfähigkeit besitzen. Es ist leicht zu verstehen, von welcher Wichtigkeit diese Störungen für die Berechnung der Sternkonstellationen auf Photographien sind, da auf denselben eine Linie Entfernung Millionen von Meilen bedeuten kann. Um die Zusammenziehung der Kollodiumhaut zu erkennen, wählte VOGEL, nach eigener Angabe in den »photographischen Mittheilungen«, folgendes Verfahren:

»Auf einer ebenen Glasplatte von 10 Centimeter Länge wurde mittels eines Diamants ein Netz sich rechtwinklig kreuzender Linien gezogen und diese mit Zahlen bezeichnet. Unter dieser Netzplatte wurde die zu prüfende Kollodiumhaut direkt belichtet, nasse Platten in der

Art, dass die Netzplatte darauf gedeckt wurde, unter Zwischenlage von zwei feinen Streifen Briefpapier. Diese Zwischenlage ist so dünn, dass die Striche noch vollkommen scharf kopiren. Es ist jedoch nöthig, die Platte vor der Belichtung behufs Ablaufens der Flüssigkeit 4—5 Minuten stehen zu lassen. Das Belichten wurde vorgenommen durch Oeffnen und Schliessen des Fensters einer Dunkelkammer, während die Platten in einer Entfernung von circa zehn Fuss in senkrechter Richtung parallel der Fensteröffnung gehalten wurden. Die belichtete Platte wurde entwickelt, theils mit Eisenvitriollösung, theils mit Pyrogallussäure, theils alkalisch (bei Trockenplatten), ebenso wurden verschiedene Fixagen (Fixirnatron und Cyankalium) in Anwendung gebracht, kurz die verschiedensten Umstände, wie solche in der Praxis eintreten können, in Rechnung gezogen. Um die Zusammenziehung zu prüfen, wurden die Platten im trockenen Zustande mit der Netzplatte zusammengelegt und im durchfallenden Lichte betrachtet. Es war leicht, durch passende Verschiebung einige der kopirten Striche mit den Originalstrichen in Coincidenz zu bringen. Hatte eine Verziehung stattgefunden, so stellte sich diese dann dadurch heraus, dass die übrigen Striche nicht genau coincidirten. Nun konnte diese Verziehung auch leicht taxirt werden. Zu dem Zwecke wurden die Platten bei 25facher Vergrösserung unter dem Mikroskop geprüft. Bei dieser Vergrösserung war ein Abstand der Striche von einander, der $\frac{1}{50}$ Millimeter betrug, noch sehr leicht zu taxiren. Daraus aber lässt sich die Gesammtverziehung sehr leicht berechnen. Fallen z. B. die beiden Striche an dem einen Rande der Platte zusammen, und sind die gegenüberliegenden 90 Millimeter weit davon befindlichen Striche um $\frac{1}{50}$ Millimeter getrennt, so ist die Zusammenziehung $= \frac{1}{50} : 90 = \frac{1}{4500}$.«

Um solche Verziehungen zu vermeiden, ist eine Uebergiessung der Glasplatte vor der Kollodionirung mittels Albumin vorzunehmen, wie wir auf Seite 102 angegeben haben, ein Verfahren, das auch Rutherfurd bei allen seinen Arbeiten benutzt. Ausserdem ist auf eine möglichst dünne Kollodiumschicht Rücksicht zu nehmen, indem nach den Vogel'schen Experimenten nur an dicken Kollodiumstellen die Zusammenziehung $\frac{1}{1300}$ betrug. Statt des Eiweissüberzugs kann man auch eine Kautschuklösung (1 Theil Kautschuk auf 100 Theile Chloroform mit 900 Theilen Benzin verdünnt und filtrirt) anwenden. Man überzieht dann mit der genannten Lösung die polirten Glasplatten, welche sehr rasch trocknen und Schichten von tadelloser Reinheit und ohne bemerkbare Verziehung der Kollodiumhaut abgeben. Bei der Anwendung von Trockenplatten ist besonders darauf zu achten, dass solche nicht mit Gummilösung und dergleichen überzogen sind, da durch derartige

Behandlung, wenn die befeuchteten Platten wieder trocken werden, eine bedeutende Kontraktion entsteht. Der beste Trockenprozess für astronomische Aufnahmen, bei welchen es auf genaue Messungen ankommt, ist nach Vogel der Morphinprozess, welcher keine anderen Chemikalien als der nasse Prozess beansprucht. Die Platte wird nur zum Schluss, nach den bekannten Operationen, mit einer Morphinlösung von 1 : 1750 überzogen. Die Wichtigkeit der erwähnten photographischen Methoden kam besonders bei der jüngsten epochemachenden Anwendung der Photographie auf die astronomische Forschung zur Geltung, nämlich bei der Beobachtung des *Venusdurchgangs* im Jahre 1874.

### b. DER VENUSDURCHGANG.

Die *Venus* befindet sich bekanntlich als Abendstern im Osten, als Morgenstern im Westen der Sonne und ist, falls sie nicht sichtbar, entweder durch die Sonne verdeckt, oder durch deren unmittelbare Nähe für das Auge nicht erkennbar.

Die Beobachtung der Venus und des Merkur von der Erde aus ist in Berücksichtigung der Konstellation dieser Gestirne zur Erde eine andere, als diejenige der übrigen Planeten. Beide werden während ihres Kreislaufes zu Zeiten zwischen der Erde und der Sonne sich befinden, stets jedoch von der Erdbahn umschlossen: sie bilden die sogenannten unteren Planeten und ist die Venus, von der Sonne aus gerechnet, der zweite die Sonne umkreisende Stern, während Merkur als erster Planet die Bahn um die Sonne beschreibt. Die Bahn der Venus um die Sonne ist fast kreisrund und ihre Ebene macht mit der Erdbahn einen Winkel von 3° 23',5. Diese Bahn durchläuft die Venus in 224 Tagen, 16 Stunden, 49 Minuten und 13 Sekunden.

Würden die Bahnen, in welchen sich die Venus und die Erde bewegen, genau in derselben Ebene sich befinden, so würde jedesmal, wenn die Venus zwischen der Sonne und der Erde hindurchgeht, die Venus, von der Erde aus gesehen, als ein schwarzer Fleck auf der Sonnenscheibe erscheinen. Da jedoch die beiden Bahnen den oben erwähnten Winkel mit einander bilden, so kann jene Beobachtung nur dann gemacht werden, wenn die Venus in der Weise zwischen Sonne und Erde hindurch geht, dass der betreffende Durchgang, zur Zeit der unteren Konjunktion, in nächster Nähe der Knotenlinie stattfindet. Unter Konjunktion versteht man die gegenseitige Stellung zweier Himmelskörper, zufolge welcher dieselben in einer und derselben Richtung von der Erde aus gesehen werden, unter Opposition dagegen die Stellung, bei der, zum Beispiel, die Erde zwischen einem

die Sonne umkreisenden Planeten und der Sonne sich befindet. Daher kommt es, dass Venus und Merkur nie in Opposition treten können, weil ihre Bahnen von der Erdbahn umschlossen werden. Treten sie aber im Laufe ihrer Bahnen zwischen die Erde und die Sonne, so kommen sie in ihre untere Konjunktion, welche Stellung die Vornahme der möglichst genauen Berechnung der Sonnenparallaxe gestattet, jenes Winkels, der durch zwei vom Mittelpunkte der Sonne nach dem Mittelpunkte der Erde und nach einem Erdpole gezogenen Linien gebildet wird. Unter der Knotenlinie versteht man die Durchschnittslinie, welche infolge des Durchschneidens der Erdbahnebene mit der Bahnebene der Venus gebildet wird. Die Erde tritt zweimal im Jahre in die Knotenlinie, wenn sie dieselbe im Juni und im Dezember auf ihrer Bahn erreicht und durchschneidet. Die Kreuzungspunkte, welche in der Knotenlinie durch die Kreuzung der Venusbahn mit der Erdbahnebene gebildet werden, nennt man die Knotenpunkte. Wenn die Venus bei ihrer unteren Konjunktion von einem Knoten nicht weiter als 1 Grad und 49 Minuten absteht, so geht sie, wie bemerkt, als schwarzer Fleck vor der Sonnenscheibe vorüber. Der Umstand, dass eine gerade Linie, von der Erde zur Venus gezogen, die Sonne trifft, tritt nur selten ein, und deshalb sind die Vorübergänge derselben vor der Sonnenscheibe ebenfalls selten. Die Durchgänge des Merkur, welcher wegen seines öfteren Umlaufs und seiner geringeren Entfernung von der Sonne häufiger in eine gerade Linie mit der Erde und der Sonne tritt, kommen öfter zur Beobachtung, als die Venusdurchgänge, eignen sich aber aus später anzuführenden Gründen nicht in so hohem Grade, wie die Venusdurchgänge zu Messungen der Sonnenparallaxe. Der jüngste Durchgang des Merkur vor der Sonne (Fig. 207) wurde im November der Jahre 1861 und 1868 beobachtet, hat aber zu keinen besonders nennenswerthen Beobachtungen Veranlassung gegeben.

Fig. 207. Durchgang des Merkur vor der Sonne im November der Jahre 1861 und 1868.

Die Dauer eines derartigen Phänomens hängt theils von der Geschwindigkeit des Planeten und der Erde, theils auch von dem Umstande ab, in welcher Nähe von dem Mittelpunkte der Sonne der Planet vorbeizieht, und führt bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse zur Berechnung der Sonnenparallaxe. Hier, wo es sich nur darum handelt, die Grundidee der Methode verständlich zu machen, können wir auf Genaueres, als die folgenden Seiten bieten, nicht eingehen.

Die Versuche, die Entfernungen der Planeten von der Sonne zu messen, gehen in das graue Alterthum zurück und nehmen dort ihren Ursprung. Sie beruhen theils auf trigonometrischen Winkelmessungen (vergl. Kapitel 12 § 1.), bei welchen man genaue Rechnungen auf die Basis der Beobachtungen stellte, theils auf dem Verhältniss der Entfernung der Sonne zum Durchmesser der Mondbahn, theils — und diese Methode wurde in neuerer Zeit besonders kultivirt — gab die Geschwindigkeit des Lichtes eine Grundlage zur Berechnung der Sonnenentfernung. Bezügliche Forschungen hatte schon Olaf Römer im Jahre 1675 angestellt. Aber erst aus den Beobachtungen des französischen Physikers Fizeau (1849) ging mit annähernder Genauigkeit hervor, dass das Licht 42,219 Meilen in der Sekunde durcheile, und ergab sich daraus eine Entfernung der Erde von der Sonne von ca. 20,560,000 Meilen. Der ebenso exakte Forscher Foucault dagegen, welcher auch die Geschwindigkeit des Lichtes zur Basis seiner Berechnungen nahm, fand (im Jahre 1862) nur eine Lichtgeschwindigkeit von 40,160 Meilen, mithin nur eine Entfernung der Sonne von ca. 19,533,000 Meilen. Bei der trefflichen Ausführung der beiderseitigen Untersuchungen bewies die Differenz beider Resultate, dass irgendein Fehler in den Methoden bestehen musste.

Durch Kepler, welcher für die Astronomie in so mannichfacher Richtung Unschätzbares geleistet hat, ist ein Gesetz gefunden worden, welches als Grundlage aller neueren Ermittelungsversuche, die Entfernung der Erde von der Sonne zu bestimmen, Geltung hat. Dieses Gesetz lautet: »Die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer Entfernungen von der Sonne.« Die Umlaufzeiten der Planeten um die Sonne sind jetzt durch direkte Beobachtung und Zeitabmessung mit absoluter Genauigkeit bekannt, und so ist es leicht ersichtlich, dass z. B. aus der Entfernung der Venus von der Erde die Entfernung der Erde von der Sonne abgeleitet werden kann. Solche Verhältnisse bieten die Planeten Merkur und Venus, und eignet sich zu den betreffenden Beobachtungen die Venus am meisten, weil sie sich zu gewissen Zeiten in der grössten Nähe zur Erde befindet, nämlich zu Zeiten der oben erwähnten Vorübergänge vor der Sonnenscheibe.

Die Beobachtungen eines Venusdurchganges zum Zwecke der Messverwerthung für die Sonnenentfernung, müssen von zwei Beobachtern, von welchen der eine am nördlichsten, der andere am südlichsten Punkte der Sichtbarkeit des Phänomens Station genommen hat, angestellt werden. Denkt man sich von einem dieser Beobachter zu dem andern eine Linie gezogen, so wird dieselbe die Basis eines Dreiecks darstellen. dessen beide in dem zu beobachtenden Gestirne sich kreuzenden Seitenlinien durch die Richtung der Fernrohre der beiden Beobachter bestimmt werden. Aus der Basis und dem Winkel an der Spitze berechnet sich die Höhe des Dreiecks, mithin die Entfernung der Venus von der Erde.

Denken wir uns nun in Figur 208 bei *E* die Erde, in *V* die Venus und in *S* die Sonne, so müssen die Fernrohre der beiden Beobachter *A* und *B* so gerichtet sein, dass ihre Richtungslinien sich in *V* schneiden würden. Für beide Beobachter wird die zwischen Erde und Sonne befindliche Venus auf der Sonnenscheibe eine Sehne durchlaufen; für den Beobachter in *A* wird die Venus in der Richtung von *e* nach *f*, für den Beobachter in *B* von *c* nach *d* sich bewegen. Der Abstand der beiden

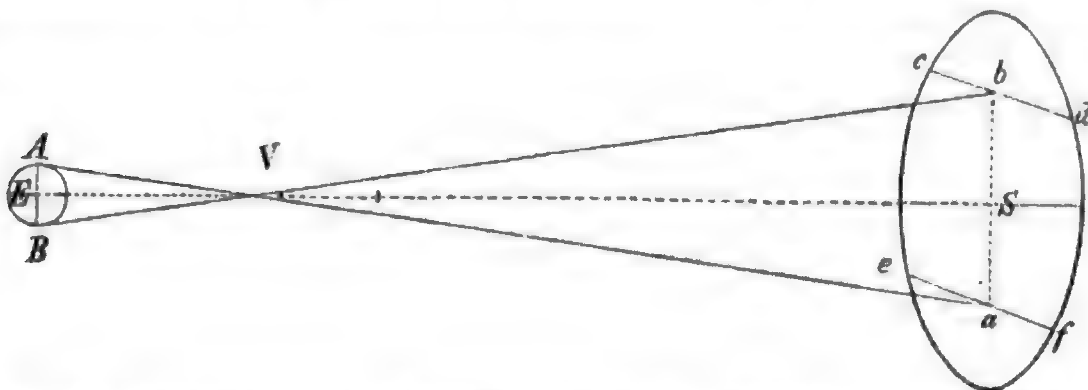



Fig. 208. Berechnungsmethode der Sonnenentfernung von der Erde bei Venusdurchgängen.

Sehnen von einander, die Linie *a b*, wird sich demnach für die verschiedenen Epochen eines Venusdurchganges genau ermessen lassen, und wiederum die Basis eines Dreieckes abgeben, aus welchem die Entfernung der Linie *S V* sich berechnen lässt, welche zu dem Ergebnisse der Winkelberechnung der Sonnenparallaxe (siehe S. 214) führt, woraus sich die Gesammtentfernung der Sonne von der Erde (*S V E*) ergiebt.

Der Durchgang der Venus durch die Sonnenscheibe, welcher am 8. Dezember 1874 stattfand und sich am 6. Dezember 1882, dann wieder am 9. Juni 2004, sowie am 6. Juni 2012 wiederholen wird, bot die betreffenden Verhältnisse in einer für die Berechnungen so erfolgversprechenden Weise, wie sie wol für unsere heutigen Werkzeuge und Methoden nicht günstiger sich gestalten konnte. Die Venus trat von Osten her, nahe dem nördlichen Rande, in die Sonnenscheibe ein; die ganze Erscheinung dauerte circa 5 Stunden. Indem die Venus während

dieser Zeit durch ihre konjunktionelle Stellung zwischen Sonne und Erde der letzteren ihre unbeleuchtete Seite zukehrte, erschien sie dem

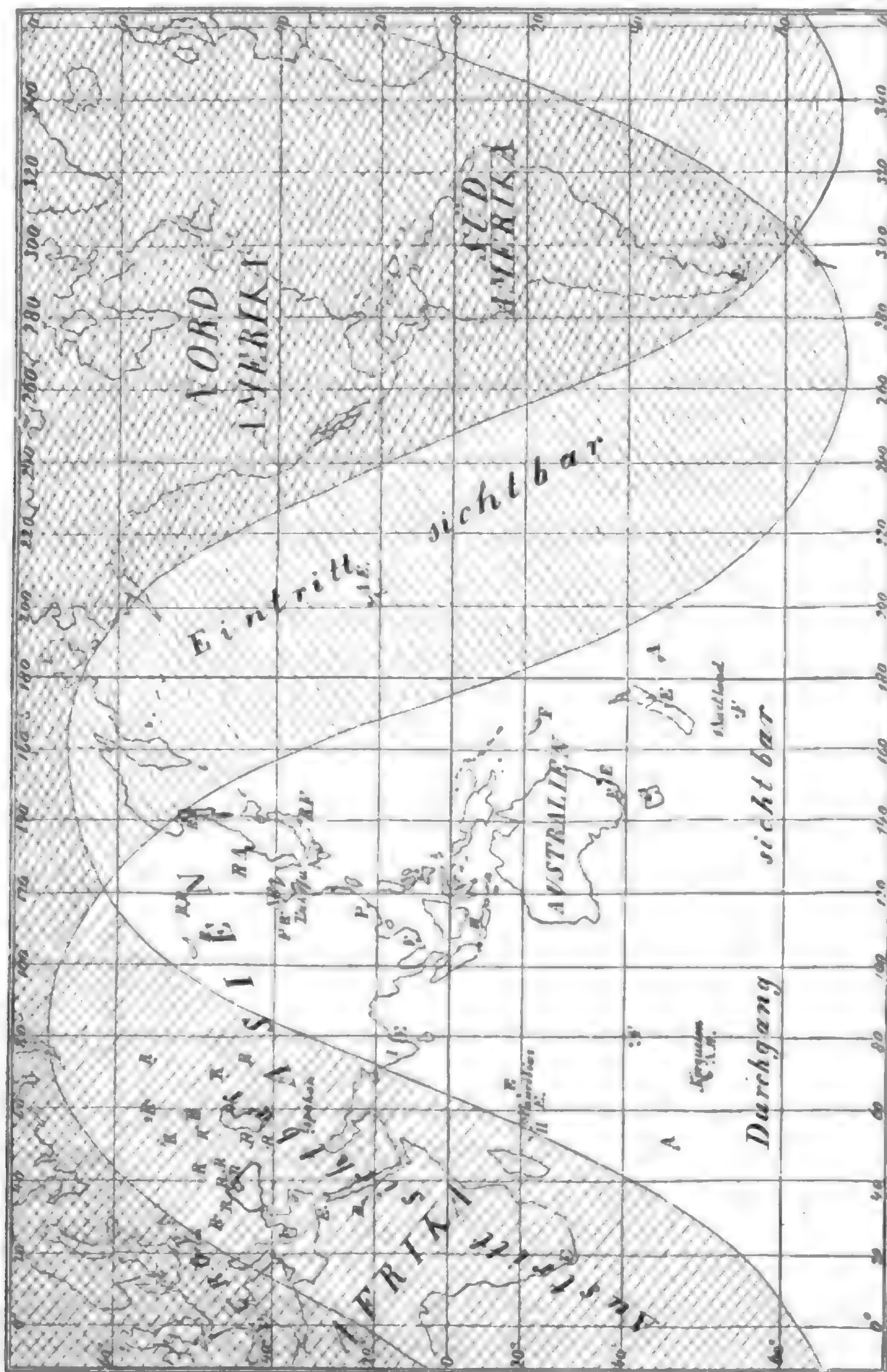



Fig. 200. Geographische Karte der Sichtbarkeit des Venusdurchganges am 8. Dezember 1874.

Beschauer als schwarzer, an der Sonnenscheibe nach und nach vorüberziehender Punkt. Sichtbar war das Phänomen in Indien, China,

Australien, im Indischen und einem Theile des Grossen Ozeans, und im Südpolarmeere, — theilweise sichtbar im östlichen Europa, in Centralafrika und im Süden des Atlantischen Ozeans (Fig. 209).

Die Beobachtungen des Venusdurchganges hat man angestellt: erstens durch die Kontaktmethode, welche darin besteht, die Dauer des Durchganges, d. h. den Moment des Eintrittes und des Austrittes, genau zu beobachten; zweitens durch die Abmessung der Entfernung jenes schwarzen Venuspunktes auf der Sonnenscheibe nach je zwei entgegengesetzten Richtungen des Sonnenrandes zu verschiedenen Zeiten des Durchganges. Diese Messungen werden mit einem besonders vorzüglichen Fernrohr, welches mit einem genauen Mikrometerapparat versehen ist, dem sogenannten *Heliometer*, ausgeführt. Das Heliometer (Fig. 210) besitzt ein Objektiv, welches aus zwei Hälften besteht, die in genau messbarer Richtung aus einander geschoben und wieder genähert werden können. Durch eine Mikrometerschraube werden diese beiden Objektivhälften hin und her bewegt; eine auf dem runden Griff der Schraube angebrachte Theilung lässt die Entfernung der beiden Objektivhälften mit Genauigkeit ablesen. Wird ein solches Fernrohr während des Venusdurchganges nach der Sonne gerichtet, so kann man jedes einzelne der beiden Objektive sowol auf den Sonnenrand, als auch auf die Stelle, an welcher die Venus sich gerade befindet, von Minute zu Minute lenken. Es entstehen demnach in dem Gesichtsfelde fortwährend zwei Bilder, sodass man aus der Verschiebung der beiden Objektivhälften die Entfernung der Venus vom Sonnenrande an der Mikrometerschraube direkt ablesen kann. Das Verständniss der Abbildung Fig. 210 ergiebt sich aus den im Anfang dieses Kapitels beschriebenen ähnlichen Instrumenten (vgl. S. 152 ff.); der Deklinations- und Aequatorialkreis, sowie die angebrachten Gewichtsvorrichtungen zur Balancirung entsprechen nämlich vollkommen den oben geschilderten Einrichtungen. Zur Erklärung der nachstehenden Figur bemerken wir nur noch, dass *D* ein kleines Richtungsteleskop darstellt, während bei *E* und *E* sich die Schraubenvorrichtungen zur Verschiebung der Objektivhälften befinden. In *b* ist eine Sitzvorrichtung zur bequemen Handhabung des Instrumentes angebracht, welches mit Leichtigkeit an den Zügen *b*, *b*, *x*, *d* und *K* regulirt werden kann, ohne dass der Beobachter von seinem Sitz sich zu erheben nöthig hat.

Die dritte und hauptsächlichste Methode der Beobachtung des Venusdurchganges vor der Sonne besteht in Vorrichtungen, welche es ermöglichen, die Sonne mit der Venus von Minute zu Minute in möglichst rascher Aufeinanderfolge direkt zu photographiren; durch die Addition von auf der Sonnenscheibe gewonnenen photographirten Venuspunkten

wird eine Linie, die oben schon angedeutete Sehne durch die Sonnenscheibe, mit Sicherheit gewonnen. Die an verschieden weit von einander entfernten Beobachtungs-Stationen erhaltenen Bilder werden später

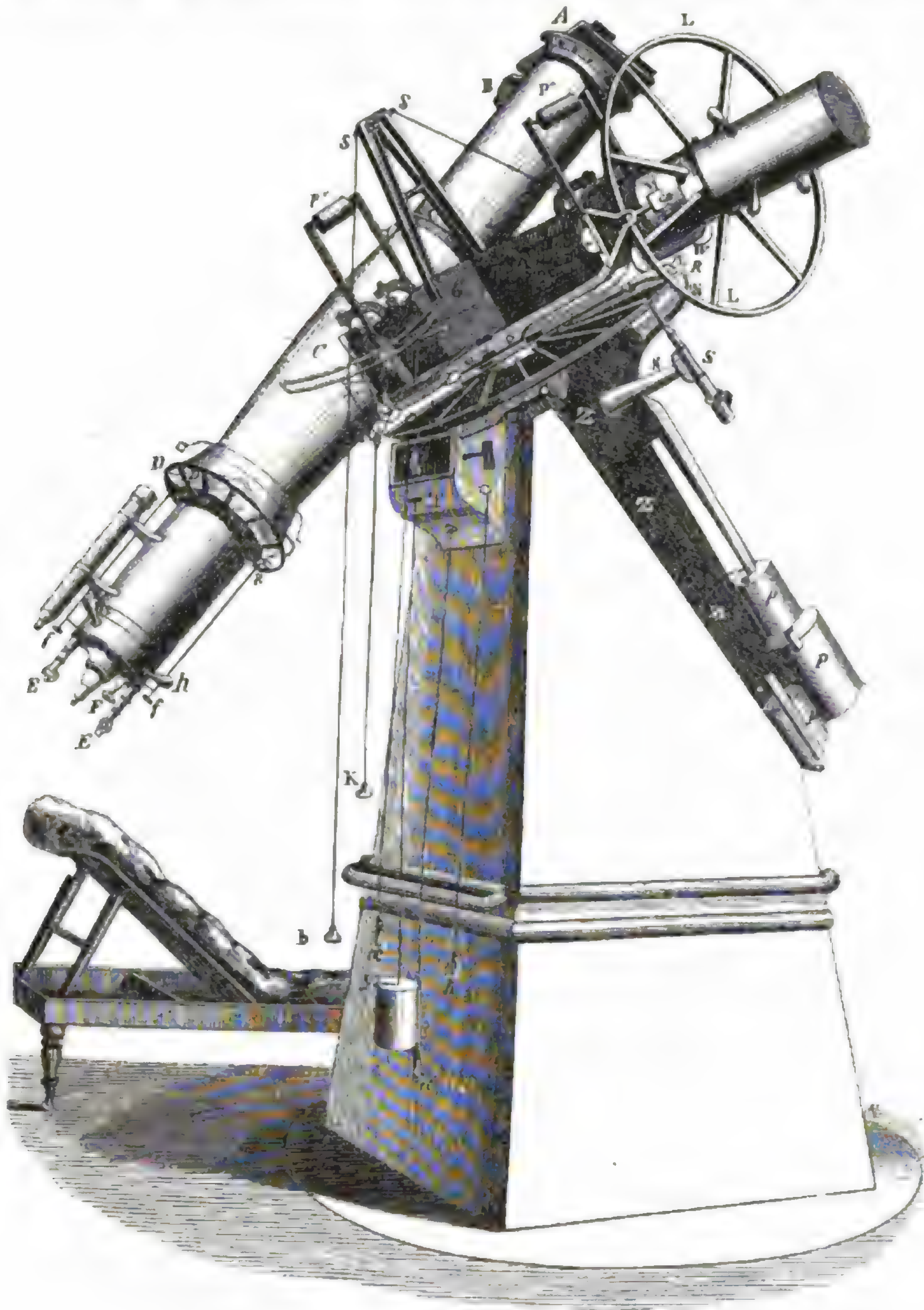



Fig. 210. Heliometer.

mit einander verglichen und aus denselben die Berechnung der Entfernungen genau ermittelt, was bei Photographien, gegenüber Heliometermessungen, einen um so höheren Werth hat, als diese Arbeit mit Ruhe und zu jeder beliebigen Zeit vorgenommen werden kann.

Man glaube übrigens nicht, dass die Ausrüstung von Expeditionen erst eine Errungenschaft unseres Jahrhunderts sei. Auf Veranlassung verschiedener europäischer Regierungen hatten sich schon im Jahre 1761 und 1769 viele Gelehrte zur damaligen Beobachtung des Venusdurchganges nach verschiedenen Stationen der Erde begeben; Russland, England, Schweden und Frankreich sandten im Jahre 1761 Expeditionen aus, deren Resultate noch weit grössere Unternehmungen im Jahre 1769 veranlassten. Frankreich entsandte den Abbé Chappe nach Kalifornien, Pingré nach St. Domingo und Le Gentil nach Pondichery. England delegirte mehrere Astronomen nach der Hudsonsbai, nach Madras und nach der Südsee; Petersburg sandte 8 Expeditionen aus, deren eine der berühmte Mathematiker und Astronom Chr. Euler leitete. Auf Kosten Dänemarks reiste der Wiener Astronom Hell nach dem hohen Norden. Ausserdem hatten sich die Franzosen Dollières und Collas nach China, und der deutsche Astronom Mohr zur Beobachtung des Venusdurchganges nach Batavia begeben. — Die Mangelhaftigkeit der damaligen Instrumente, besonders die Unzuverlässigkeit der Uhren, verschuldete die Unsicherheit des Resultates, sodass die Differenz in den Ansichten von der wirklichen Entfernung der Erde von der Sonne noch immer einige hunderttausend geographische Meilen beträgt.

Mit rühmlichem Wetteifer haben die bedeutenderen Nationen eine grosse Anzahl von erfolgreichen Expeditionen im Jahre 1874 ausgerüstet.

Von den 5 Expeditionen, welche allein das Deutsche Reich entsendete, wurden 4 mit photographisch-astronomischen Apparaten versehen und von besonders zu diesem Zwecke ausgebildeten Fachphotographen begleitet. Die photographisch-astronomischen Apparate bestanden in Fernrohren von 7 Fuss Fokuslänge, welche in ihrem Brennpunkte ein Sonnenbild von 0,7 Zoll zu erzeugen vermögen. Dieses Sonnenbildchen wurde wiederum mittels eines an dem Fernrohr befestigten Okulars vergrössert, auf die matte Scheibe der angefügten kleinen photographischen Camera obscura geworfen, sodass mit Leichtigkeit und Sicherheit die als schwarzer Punkt sich abzeichnende Venus darauf erkannt werden konnte; an der Stelle der matten Scheibe wurde im Moment der Aufnahme die photographische Platte eingeschaltet.

Die fünf Expeditionen begaben sich theils nach der südlichen, theils nach der nördlichen Hemisphäre; die von Dr. Schur, Dr. Seliger, Dr. Loyser und Photograph Krone geführte Expedition unter Begleitung zweier Offiziere der deutschen Marine nach den Aucklands-Inseln, südlich von Neuseeland; die Doktoren Börgen, Weineck und Bobsien bildeten die zweite Expedition, welche auf der Corvette »Gazelle« die Kerguelen-Insel an der Grenze des Indischen Ozeans gegen das Südliche Eismeer

zum Ziele ihrer Forschungsreise genommen hatte; die dritte Expedition, deren Reise nach der Insel Mauritius im Indischen Ozean führte, bestand nur aus dem Astronomen Dr. Loew und dem Zoologen Professor Möbius aus Kiel. Dieselbe sollte nur ein kontrolirendes Bindeglied der deutschen Hauptexpeditionen darstellen, indem schon von den Engländern auf Mauritius die umfassendsten Vorkehrungen zur Beobachtung getroffen worden waren. — Die vierte Expedition wurde nach Persien und zwar nach Ispahan, der alten Perserhauptstadt, gesandt; dieselbe, geleitet von Dr. Peters (Astronom), Dr. Fritsch (Arzt) und Dr. Stolze (Photograph), arbeitete unter dem Schutze des Schah Nasr-Eddin. — Die fünfte Expedition begab sich nach Tschifu in China, der einzig gewählten Station totaler Sichtbarkeit auf der nördlichen Halbkugel. Dieselbe bestand aus den Doktoren Valentiner, Reimann, Adolf und den Photographen Kardätz und Eschke. Sie reisten bis Shanghai mit einem englischen Postschiffe, um dort durch die deutsche Korvette Arcona und unter deren Schutze und Beihülfe nach Tschifu geleitet zu werden.

Diese Expedition war am 15. September 1874 wohlbehalten in Bombay angekommen, von wo sie sich über Ceylon und Singapore nach Hongkong und Shangai begab. Die deutsche Korvette Arkona war schon vorher in Tschifu gewesen, um daselbst den Empfang der Expedition vorzubereiten, welche am 27. Oktober 1874 daselbst anlangte.

Der Photograph der Expedition, Kardätz, schreibt über den Verlauf der Operationen: »Am 8. Dezember, früh 7 Uhr, war Alles auf dem Platze. Baron von Reibnitz, Kommandant der Arkona, welcher an den astronomischen Instrumenten mit beobachtete, sagte: »»Der Platz sieht aus wie das Deck einer Panzerfregatte, welche zum Gefecht klar gemacht hat.«« Jeder stand auf seinem Posten und harrte voll Erwartung des Zeichens zum Anfangen; eine halbe Stunde vor Beginn des Phänomens machten wir eine Platte, welche zu unserer Zufriedenheit ausfiel. Ungefähr 6 Minuten vorher ertönte das Zeichen; wir verfügten uns in die Dunkelkammer, und von nun an waren wir $4\frac{1}{2}$ Stunden von der Aussenwelt abgeschlossen. Alle Schiffe im Hafen hatten geflaggt, sämmtliche Konsulate und viele Privathäuser festlichen Flaggenschmuck angelegt; die Chinesen in der Stadt brannten von früh an Feuerwerk ab und erbaten dadurch gute Sonne; der Tautei hatte früh Morgens nebst Gefolge die höchste Bergspitze erstiegen, um der Sonne sein Anliegen, recht sehr zu scheinen, aus nächster Nähe anbringen zu können; seine Bitten sind erhört worden, denn wir hatten ungefähr 2 Stunden lang recht klares Wetter.

»Die Arbeit in der Dunkelkammer war folgendermassen eingetheilt. Herr Dr. Boehr kollodionirte und silberte die Platten, und zwar in drei

Silberbädern, legte die gesilberte Platte in die Kassette, stellte dieselbe in den als Observatorium dienenden Thurm, ich entnahm die Kassette dem mit dem Thurme verbundenen Wechselkasten, übergab die leere Kassette einem hierzu angelernten Unteroffizier der Arkona, welcher dieselbe auswischte und sie Herrn Dr. Boehr wieder zur Hand stellte; ich rief alsdann die Platte hervor, spülte sie ab, und erstattete sofort Bericht über Stellung und Exposition des Bildes durch den Wechselkasten in den Thurm hinein. Die hervorgerufenen Platten übergab ich nun Herrn Eschke, welcher dieselben kräftigte, fixirte und nach gehöriger Abspülung fortstellte; wenn die Arbeit an dritter Stelle stockte, so machte ich zwischenher eine Platte vollständig fertig. Auf Platte Nr. 1 konnte selbstverständlich noch nichts von der Venus sichtbar sein, ebenso wenig bei Nr. 2. Bei Nr. 3 sah ich mir schon ganz gehörig den Rand an, konnte jedoch noch nichts Bestimmtes entdecken und lange Zeit zum Ansehen war nicht; obgleich ich eine ganz unbedeutende äussere Berührung zu entdecken glaubte, schwieg ich jedoch; klopfenden Herzens rief ich die 4. Platte hervor, und siehe da, die Venus zeigte schon einen, zwar ganz kleinen, aber deutlich wahrnehmbaren Eintritt in den Sonnenrand, ich konnte, obgleich es nicht erlaubt war, einen Ausdruck der Freude nicht unterdrücken; und nun ging die Arbeit mit grosser Aufmerksamkeit, Ruhe und Besonnenheit, ohne wesentliche Störung von statten. Die Venus ward auf jeder Platte deutlicher, Jeder hatte vollauf mit seiner Funktion zu thun; ungefähr nach zweistündiger Arbeit stockte einmal das Zurückreichen der Kassette mit der exponirten Platte, ich zog durch den Wechselkasten Erkundigungen ein, natürlich beschränkte sich die Erkundigung auf das eine Wort »Kassette?« und erhielt die in demselben Stil abgefasste Antwort aus dem Munde des Lieutenant Borkenhagen »Wolken«. Dieses eine Wort traf uns in der Dunkelkammer, die von dem, was aussen vorging, keine Ahnung hatten, wie ein Blitz aus heiterem Himmel, wir sahen uns bestürzt an, und das war wol das einzige Mal, dass wir uns überhaupt während der Zeit des Vorüberganges angesehen haben. Diese Wolke verzog sich jedoch sehr bald und verursachte weiter keine Störung, und obgleich von nun an erst leichter Wolkenschleier eintrat, welcher sich immer mehr gegen Ende des Phänomens verdichtete, so nahm die Arbeit ihren regelmässigen Fortgang. Zu Ende des Phänomens und zwar mit der letzten Platte war es auch vorbei, wie abgeschnitten; der Himmel hüllte sich vollständig in Wolken, der Zweck war jedoch vollkommen erreicht, 115 gute Platten sind in dieser Weise entstanden, wovon die letzte die vollständige Berührung mit dem Sonnenrande zeigt. Es wurden noch weitere Platten in Bereitschaft gehalten, aber sie kamen nicht mehr in Anwendung, da

die Sonne nicht wieder vorkam; das Zeichen zum Aufhören gestattete uns nun, die finstere Kammer zu verlassen, und nun erst merkten wir, welche Atmosphäre sich in der engen Dunkelkammer bei 4 Mann entwickelt hatte. Herr Dr. Boehr war fast von Aetherdämpfen betäubt.

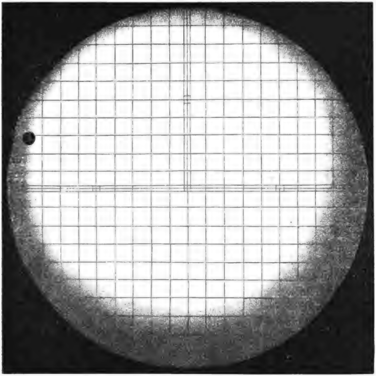


Fig. 211. Venusdurchgang (nach einer Original-Photographie).

Die Freude über das Gelingen des Werkes liess alle ausgestandene Qual vergessen; unter allgemeinem Jubel verliessen wir in corpore, nachdem die Herren Astronomen noch die nöthigen Beobachtungen gemacht hatten, den Platz und begaben uns, beglückt durch die günstigen Resultate unserer Expedition in die Stadt zurück, woselbst ein allgemeiner Jubel, welcher den eines deutschen Volks- und Freudenfestes annahm, unser Streben belohnte und uns für unsere Mühen entschädigte.«

Was die wissenschaftlichen Resultate der deutschen sowol als der ausserdeutschen Expeditionen anlangt, so dürften zu deren Verwerthung

Digitized by Google

noch mehrere Jahre des Rechnens und der vergleichenden Beobachtung in Anspruch genommen werden. Bis jetzt ist selbst von den gewonnenen Photographien noch wenig Unbetheiligten ein Abdruck zu Gesicht gekommen, und hält man, um eine gegenseitige Annäherung der Resultate zu vermeiden, die Errungenschaften der einzelnen Expeditionen mit begründeter Aengstlichkeit geheim, bis alle Arbeiten vollendet, und das Gesammtresultat des grossen Unternehmens, die genaue Berechnung der Sonnenparallaxe, verkündet werden wird.

Wir verdanken der Güte des Herrn Professor Dr. C. Bruhns, Direktor der Sternwarte zu Leipzig, das photographirte Originalbild zu Figur 211 (S. 223), welches eine sorgfältige Nachbildung eines von dem Photographen der Aucklands-Expedition, Herrn Krone, kurz nach dem Eintritte der Venus in die Sonnenscheibe, am 8. Dezember 1874 Morgens aufgenommenen Sonnenbildes mit den im Fernrohre zum Messen der Entfernungen befindlichen Linieneintheilungen darstellt.

Werfen wir auf die für die astronomische Forschung gewonnenen photographischen Resultate einen Rückblick, so werden wir uns nicht verhehlen können, dass die Anwendung der Photographie für den genannten Zweig der Naturforschung ein vorzügliches Mittel abgiebt, die Fehler, welche von der Individualität des Beobachters in Bezug auf astronomische Zeitbestimmungen abhängen, für die Zukunft gänzlich zu beseitigen. Es ist nicht zu leugnen, dass bei den Untersuchungen, selbst der exaktesten Gelehrten, die Gesichtsempfindungen, auf welchen ja einzig und allein die direkte Beobachtung des Himmels beruht, Täuschungen unterworfen sind. Es ist durch genaue Untersuchungen dargethan, dass auf physiologischen Anomalien des betrachtenden Auges beruhende Fehler durchaus nicht konstant sind, selbst nicht während einer einzigen Reihe von Beobachtungen. Wenn nun der menschliche Empfindungsmechanismus derartige Unvollkommenheiten zeigt, welche nicht nur mit dem Lebensalter, sondern von einem Augenblick zum andern sich ändern, von momentaner Störung der Verdauung, der Blutcirkulation, oder von nervöser Erregung abhängen, so werden besonders die Astronomen die Anwendung der Photographie als ein unschätzbares Förderungsmittel ihrer Wissenschaft betrachten müssen. Die Zeit wird hoffentlich nicht mehr fern sein, in welcher man auf jeder Sternwarte die photographischen Einrichtungen als unentbehrlich betrachten wird.

Die Erklärung der zu diesem Kapitel gehörigen Tafel V, Figg. 1. 2. 3. 5 und 6., siehe am Schlusse des Buches.

## SECHSTES KAPITEL.

## METEOROLOGISCHE PHOTOGRAPHIE.

Während uns in der astronomischen Photographie die Mittel zur Verfügung stehen, die Formen und die Bewegungen der Himmelskörper auf der lichtempfindlichen Platte zu fixiren, wird durch die meteorologische Lichtbildkunst Gelegenheit geboten, die atmosphärischen und tellurischen Erscheinungen unserer Erde in naturgetreuem Bilde wiederzugeben, ja sogar die unsichtbare Kraft der Wärme, des Luftdruckes, der Luftelektrizität und des Erdmagnetismus auf silberjodirten Flächen für das Auge graphisch darzustellen.

Zur Erlangung beständiger meteorologischer Aufzeichnungen sind zwei sich gegenseitig ergänzende Einrichtungen erforderlich, nämlich erstens ein Mittel, um durch bestimmte Zeichen den Grad der Wirksamkeit aufzuschreiben, welchen die genannten Naturkräfte im Moment der Aufzeichnung besassen, zweitens eine mit dem Schreibapparate verbundene Zeitskala, durch welche genau der Zeitpunkt bestimmt wird, in welchem jene sich selbst aufschreibenden Kräfte auf das lichtempfindliche Papier eingewirkt haben.

Das Grundprinzip, auf welches sich alle photographisch-meteorologischen Notirungen stützen, besteht in der Anwendung eines mit lichtempfindlichem Papiere bedeckten Cylinders (*A* Fig. 212), welcher sich in 24 Stunden einmal gleichmässig um seine Achse dreht.

Fig. 212. Cylinder zu photographischen Aufzeichnungen.

Bringen wir an einen solchen Cylinder ein Quecksilberthermometer *B* dicht heran, dessen Säule so gebrochen ist, dass ein kleiner Luftraum *c* den oberen von dem unteren Theile scheidet, so wird bei vermehrter Temperatur dieser Luftraum *c* mit dem Steigen der Quecksilbersäule sich heben, und umgekehrt mit dem Fallen des Quecksilberfadens sinken.

Nehmen wir nun an, alles Licht wäre von dem, den Cylinder umhüllenden sensitiven Papierstreifen ausgeschlossen, mit Ausnahme desjenigen Lichtstrahles, welcher durch den in der Röhre befindlichen kleinen Luftraum *c* hindurchdringen kann, und denken wir uns ferner, dass sich unmittelbar hinter diesem Luftraume eine leuchtende Flamme befände, dann würden wir auf dem, unserem Thermometer benachbarten Papiere (*A* Fig. 212) einen kleinen Lichtpunkt erblicken, welcher dem Luftraume *c* entspräche. Dreht sich nun der Cylinder und lässt der soeben beschriebene kleine Lichtpunkt eine Einwirkung auf dem sensitiven Papierstreifen zurück, so wird solche sich in Form einer horizontalen Linie bemerkbar machen. Steigt aber der kleine Lichtraum *c* auf und nieder, so wird diese gerade horizontale Linie sich in eine zackige Kurvenlinie verwandeln. Da nun auf dem lichtempfindlichen Papiere eine durch feine Linien bezeichnete Eintheilung des Tages in 24 mal 60 Theile angebracht ist, so wird, wenn die Bewegung des Cylinders eine gleichmässige ist, die horizontale Richtung der Lichtkurve in jeder Minute des Tages genau die Zeit, die Höhenrichtung derselben aber genau die Temperatur angeben.

Fig. 213. Konzentration des Lichtes zu meteorologisch-photographischen Zwecken.

Um einen scharfen Lichtpunkt zu erzielen, pflegt man zwischen den Cylinder und den Apparat eine das Lichtbild konzentrirende Linsen-Kombination, und hinter die Lichtquelle einen konzentrirenden parabolischen Hohlspiegel zu stellen. Letztere Einrichtung ist in Figur 213 schematisch dargestellt. Im Punkte *a* befindet sich das Licht, welches von dem parabolischen Hohlspiegel *A B C* konzentrirt und auf die in *b* stehende Quecksilbersäule geworfen wird. *D* bedeutet ein photographisches Objektiv, welches die Lichtstrahlen auf den photographischen Cylinder *E F* bei *i* zu einem Punkte vereinigt. Man kann statt eines Cylinders auch eine bewegliche ebene Glasfläche, welche mit lichtempfindlichem Papiere beklebt oder mit einer andern lichtempfindlichen Substanz bedeckt ist, benutzen. Auf einer derartigen Glasplatte sind die Tageszeiten durch gleichmässig abstehende, mit einem Diamant gezogene Linien notirt. Mit solchen Platten werden automatische Aufzeichnungen genau registrirt und kontrolirt, wie wir in der nachfolgenden Beschreibung der meteorologisch-photographischen Instrumente eingehend auseinander setzen werden.

## 1. DER THERMOGRAPH (PHOTO-PSYCHROGRAPH).

Bei Beurtheilung der Witterungsverhältnisse muss erstens der Grad der Wärme, welchen die Luft im Allgemeinen hat, und zweitens die Masse der Dünste, welche im Zustande der Feuchtigkeit in der Atmosphäre angehäuft sind, Berücksichtigung finden; mit anderen Worten, wir müssen zu genanntem Zwecke im Besitze von Instrumenten sein, welche zum beständigen Nachweise der Temperatur, sowie der Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft zu dienen geeignet sind. Zu derartigen Messungen benutzt man gewöhnlich zwei neben einander stehende Thermometer, ein trockenes und ein befeuchtetes, wie solche in Fig. 214 abgebildet sind und welche in gemeinschaftlicher Aufstellung das »Psychrometer« darstellen. Die Kugel des einen Instrumentes ist in ein Läppchen gehüllt, welches aus einem Glase fortwährend Feuchtigkeit aufsaugt, während das andere Thermometer stets trocken gehalten wird. Ist die Luft stark mit Feuchtigkeit angefüllt, so wird wenig Wasser von der Einhüllung des feuchten Thermometers verdunsten, und seine Höhe sich daher nicht viel von dem Stande des trockenen Instrumentes unterscheiden. Ist aber die Luft sehr trocken, so wird mehr Flüssigkeit verdunsten; bei dieser Verdunstung kühlt sich das feuchte Thermometer rasch ab, und seine Quecksilbersäule fällt. Aus den genauen Angaben beider Instrumente lässt sich der Feuchtigkeitsgrad der Luft leicht berechnen; aus einem gleich hohen Stande beider Thermometer ergiebt sich das Maximum der in der Atmosphäre angehäuften Feuchtigkeit.

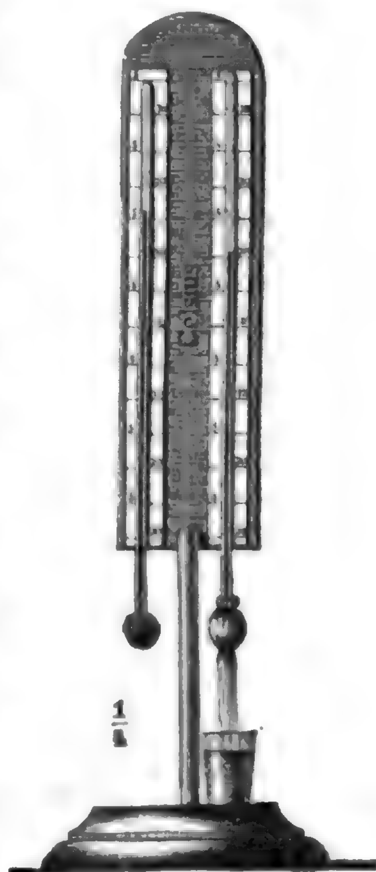



Fig. 214. Psychrometer.

Der Thermograph dient zur photographischen Aufzeichnung des fortwährend sich ändernden Standes im trockenen und im befeuchteten Thermometer. Da nun immer die gleichzeitigen Angaben dieser beiden Instrumente mit einander verglichen werden müssen, so ist es an erster Stelle nothwendig, die photographischen Abdrücke so zu ordnen, dass die gleichzeitigen Angaben der beiden Thermometer auf derselben Zeitskala genau unter einander zu stehen kommen. Durch diese Anordnung erhalten wir neben der Temperaturangabe bei anderen Vortheilen eine vergleichende graphische Darstellung der Veränderungen, welche in den Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft vorgehen.

Um beide sich bildenden Kurven sofort vergleichen zu können, müssen die Thermometer in einiger Entfernung vom photographischen Apparate aufgestellt sein, damit vermittels passend angebrachter Linsen Bilder der beleuchteten Thermometer-Lufträume sich unter einander auf das sensitive Papier abzeichnen. Die erforderliche Anordnung wird leicht mit Hülfe von Fig. 215, welche schematisch den Grundriss eines Thermographen zeigt, verstanden werden.

Das Licht der zwei Lichtquellen geht zuerst durch zwei Sammellinsen, sogenannte Ochsenaugen $c$ und $c'$, worauf es auf zwei Spiegel $m$ und $m'$ fällt, welche die Strahlen reflektiren und sie auf die beiden Thermometer $W$ und $D$ werfen. Unmittelbar an den Thermometersäulen bilden sich zwei sehr lange, durch die Linsen $c$ und $c'$ vergrösserte Flammenbilder, deren Licht nur durch den Luftraum $c$ (Fig. 212 Seite 225) dringen kann. Die helle Lichtstrecke ist von genügender Höhe, um den Luftraum an jedem der beiden Thermometer, selbst bei beträchtlicher Steigung der Temperatur, stets genügend zu beleuchten.

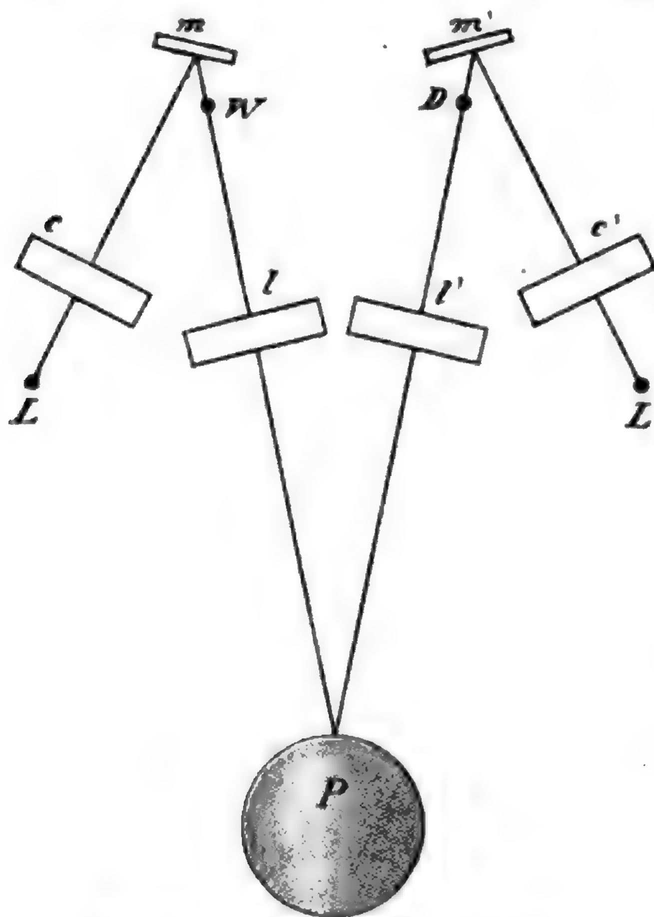


Fig. 215. Grundriss des Thermographen.

Um ein Doppelbild dieser beiden Luftlücken auf dem lichtempfindlichen, sich drehenden Cylinder $P$ zu erzeugen, senden die Objektiv-Linsen $l$ und $l'$ gleichsam die Portraits dieser erhellten Lücken auf das den Cylinder umgebende Papier.

Die Gleichheit des Skalenwerthes für die Kurven wird erlangt, wenn die Thermometer gleichförmig gebohrt sind, so dass bei jedem die Höhe des Luftraumes der gleichen Anzahl von Graden entspricht.

Es ist weiter nothwendig, dass das Bild der betreffenden Stelle des Luftraumes und daher auch der letztere selbst so schmal als möglich, und übereinstimmend mit der Grösse der zur Verfügung stehenden Lichtquellen sei: denn wenn das in Rede stehende Bild sich zu sehr in die Breite zieht, so müssen die verschiedenen Bilder in ihren

verschiedenen Stellungen einander überragen und man würde ein schlechtes Resultat erhalten. Der Unterschied zwischen einem weiten und einem schmalen Zwischenraume ist in unten stehender Zeichnung schematisch dargestellt. In Fig. 216 ist bei *a* die Folge eines breiten Luftraumes ersichtlich; es entstehen durch den geschilderten Fehler über einander geschobene Bilder, während die an einander gereiheten Linien der Zeichnung *b* einem Luftraum von richtiger Breite entsprechen würden.

Haben wir nun auf die beschriebene Weise eine deutliche Kurve von konstantem Skalenwerth erlangt und besitzen wir ferner eine genaue Zeitangabe, welche durch einen fortwährend regelmässigen Gang des Cylinders bedingt wird, so haben wir selbst bei vorzüglichster Konstruktion der Apparate noch einen technischen Fehler möglichst zu verhüten. Es kann nämlich, während die Kurve sich bildet, das Papier sich etwas ausdehnen, oder an einzelnen Stellen des Cylinders sich zusammenziehen. Infolge einer derartigen Unregelmässigkeit kommt es leicht vor, dass ein Punkt auf dem Wege der Kurve nicht dem betreffenden Zeitpunkte entspricht.

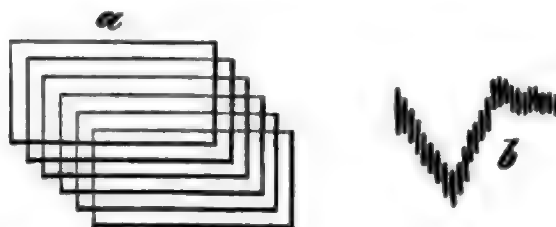



Fig. 216. Fehlerhafte meteorologische Aufzeichnung.

Um sich über derartige Fehler in der Kurve Rechenschaft geben zu können, wird zu bestimmten bekannten Zeitabschnitten das Licht durch einen Mechanismus plötzlich auf einige Minuten entfernt. Auf diese Weise werden kleine weisse Flecken oder Zwischenräume in dem Kurvenbilde hervorgebracht, deren Zeiteintritt durch persönliche Kontrole eines Aufsichtsbeamten genau bestimmt wird.

An dem, Seite 231, beschriebenen Instrumente wird das Licht alle zwei Stunden auf genau vier Minuten entfernt, was mittels einer mit dem Uhrwerke des Instrumentes verbundenen Vorrichtung geschieht. Durch einen vorspringenden kleinen Carton wird nämlich der Lichtstrahl genau 2 Minuten vor Ablauf von je 2 Stunden aufgefangen und nach Ablauf von 2 weiteren Minuten durch das Wegspringen des Schirmes wieder zugelassen; der Erfolg der Methode hängt von der Korrektheit des instrumentalen Uhrwerkes ab; ist dasselbe ganz genau gearbeitet, so entspricht die Thätigkeit des Lichthemmers den an den Abbildungen der Kurven (Fig. 220) bei 2, 4, 6, 8, 10 etc. ersichtlichen Lichtlücken.

Zur weiteren Kontrole der thermophotographischen Aufzeichnungen sind bei jedem Thermographen 2 Normalthermometer anzubringen, deren Kugeln mit denjenigen der Thermometer am Thermographen

identisch sein müssen. Das eine derselben dient als trockenes Thermometer und wird daher in der Nähe des trockenen Thermographen befestigt, während das andere als Verdunstungsthermometer neben dem entsprechenden anderen Thermometer zu stehen hat.

In dem Moment, wo das Licht durch die oben beschriebene mechanische Vorrichtung abgehalten wird, also zwei Minuten vor Ablauf von je zwei Stunden, liest ein Beobachter die vergleichenden Thermometer ab und notirt deren Höhenstand. Auf diese Weise erfahren wir, ob die Angaben der Kurven in dem Augenblick der Lichtentziehung richtig gewesen und indem wir diese Notirungen mit einander vergleichen, erhalten wir eine möglichst genaue Kontrole des Instruments.

Zur Tabellirung der Kurve dient eine viereckige Tafel von Spiegelglas, auf deren Oberfläche eine Anzahl vertikaler und horizontaler Linien gravirt ist. Die vertikalen Zwischenräume, 48 an der Zahl, bedeuten die Stunden nach der Zeitskala des Thermographen, während die horizontalen Zwischenräume die Thermometergrade anzeigen; diese Grade reichen von 0°—100° Fahrenheit; jede 5. Linie ist stärker bezeichnet, so dass man die Zahl der zwischenliegenden Linien sehr leicht übersehen kann. Diese Glasskala wird, mit der gravirten Seite nach unten, über die Kurve gelegt, nachdem das Papier von dem Cylinder abgenommen und dabei durch jedesmalige Kontrole am Vergleichs-Thermometer Anfang und Ende einer Kurve bestimmt ist. Die Notirungen können selbst für jeden Theil einer Stunde leicht abgelesen werden.

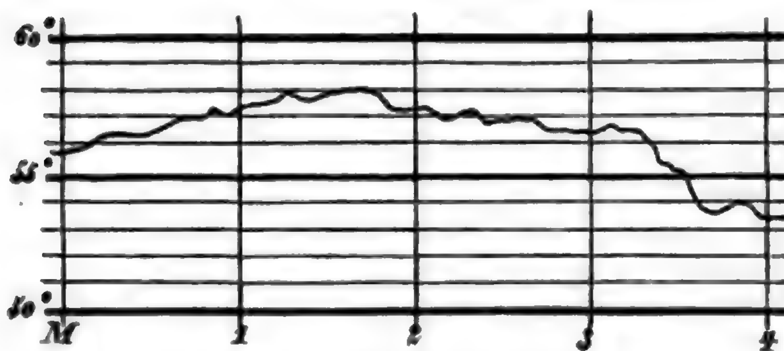


Fig. 217. Zeitskala des Thermographen.

Figur 217 zeigt die Stelle des Tabellirungs-Instrumentes, welche die Zeit von Mittags 12 bis Nachmittags 4 Uhr anzeigt. An dem bezüglichen Tage schwankte die Temperatur zwischen 58° und 53° Fahrenheit ($14^1/_3$° und $11^2/_3$° Celsius). Mittags 12 Uhr zeigte das Thermometer 56°, um 1 Uhr 57°, um $^1/_2$2 Uhr 58°, nach 2 Uhr 57°, um 3 Uhr $56^1/_3$°, um $^1/_2$4 Uhr 55°, während von $^1/_2$4 Uhr bis 4 Uhr das Thermometer bis unter $53^1/_2$° (12° Celsius) herabging.

Derartige Instrumente sind auf grossen Sternwarten wie in Paris, Kew und Greenwich aufgestellt und bestehen aus einer inneren und einer äusseren Abtheilung, welche auf S. 232 und S. 233 nach den

Einrichtungen von Kew abgebildet sind. Auf der Abbildung des inneren Raumes Fig. 218 sind die Beleuchtungsflammen (Gas oder Paraffin) mit *FF* bezeichnet. *B B* sind die Ochsenaugengläser (Sammellinsen); *M* ist einer der beiden Spiegel; *T T* die Rahmen, an welchen die Thermometersäulen befestigt sind, und auf deren Rückseite die vergrösserten Bilder der Flammen mittels der Spiegel *MM* geworfen werden. *LL* bedeutet zwei photographische Linsen, welche die durch den Luftpunkt des Quecksilberfadens tretenden Strahlen zu einem Bildpunkte sammeln und auf den mit lichtempfindlichem Papiere bedeckten Cylinder *C* werfen; c ist das Uhrwerk und *S* der durch das Uhrwerk getriebene Lichthemmer, *H* ein Griff, durch welchen eine Schraube in Bewegung gesetzt wird, um nach Bedürfniss die beiden Thermometer höher oder tiefer zu stellen; im Winter, wo die Temperatur niedriger, wird man höher schrauben müssen, um die Lufträume mit den feststehenden Objektiven *LL* in genauer centraler Stellung zu erhalten, während im Sommer die Instrumente etwas niedriger zu stellen sind.

Die Thermometersäulen, welche die Lufträume enthalten, befinden sich im Innenraume, sind am Fusse gebogen und gehen horizontal durch die Wand in verschiedenen Biegungen ins Freie. Dieselben dehnen sich 65 Centimeter weit in horizontaler Richtung aus, wodurch der Einfluss der Temperatur der Wand auf die beiden Thermometer möglichst aufgehoben wird.

Das an der freien Nordseite des Observatoriums befindliche Thermometergehäuse (Fig. 219) bedeckt einen Raum von 4 Quadratfuss, und umgiebt die Thermometer, bis auf einen kurzen Abschnitt unter dem Niveau der Kugeln, von allen Seiten; die Umhüllung ist nur soviel geschlossen, als zur Abhaltung der Sonnenstrahlen und zum Schutze der Kugeln vor Wind und Wetter nothwendig ist. Die Kugeln sind zwischen 2 und 4 Meter von dem Erdboden entfernt zu befestigen.

In Figur 219 bedeutet *F* das Gestell, welches die Thermometer trägt und hoch oder niedrig geschraubt werden kann. *D* und *W* (nach aussen) sind das trockene und das Verdunstungs-Thermographen-Thermometer. *D* und *W* (nach innen) sind das entsprechende trockene und das Verdunstungs-Vergleichs-Thermometer, welche jedesmal bei Entfernung des Lichtes zur Kontrolirung benutzt werden.

*V* ist das Gefäss, welches das Wasser für das Feuchtigkeitsthermometer (Psychrothermometer) enthält. Um ganz sicher zu sein, dass die Temperatur des Wassers möglichst dieselbe wie die der Luft sei, hat das Gefäss die Gestalt eines hohlen, in der Mitte durchbohrten Würfels; durch diese Vorrichtung wird eine grössere Wasseroberfläche der Luft ausgesetzt, welche leicht die mittlere Höhlung des Würfels durchströmen kann.

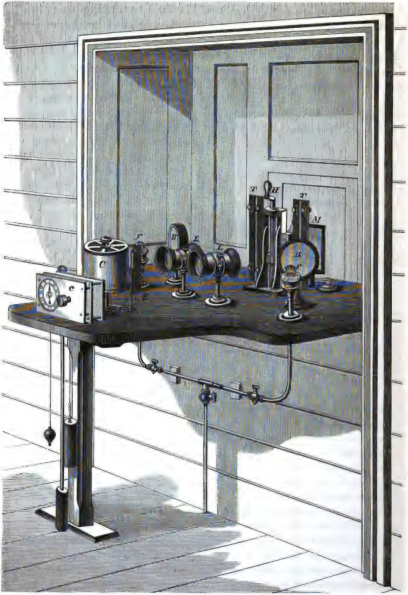


Fig. 218. Innere Ansicht des Thermographen.

Digitized by Google

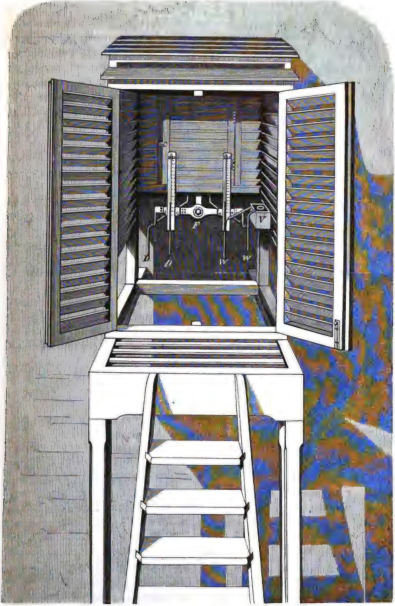



Fig. 219. Aeussere Ansicht des Thermographen.

Digitized by Google

Die Kugeln der Psychrothermometer sind mit feinem Mousselin umwickelt, welchem das Wasser (*V*) durch Zwirnsfäden in zwei mit dem Gefässe verbundenen Rinnen zugeführt wird. Die eine Rinne führt das Wasser dem Psychrothermometer des Thermographen, die andere dem Kontrolthermometer zu.

Nach der gegebenen Beschreibung ist es klar, dass die grösste Genauigkeit der Angaben des Thermographen durch die Vergleichung mit den kontrolirenden Thermometern erreicht werden kann.

Um nun überhaupt die Sicherheit der durch diese Instrumente gelieferten Angaben über Temperatur und Feuchtigkeit der Luft noch weiter zu prüfen, werden in Kew gleichzeitig Versuche mit andern Instrumenten von verschiedener Grösse vorgenommen, die an verschiedenen Orten aufgestellt sind. Dieselben geben fast stets das Resultat, dass die vorkommenden Abweichungen nur hinsichtlich der örtlichen Verschiedenheit sich auf ein Minimum beschränken, sonst aber alle Angaben vollkommen mit einander übereinstimmen.

Unsere Fig. 220 zeigt die Kopie einer 24-stündigen doppelten Originalkurve des Thermographen zu Kew.

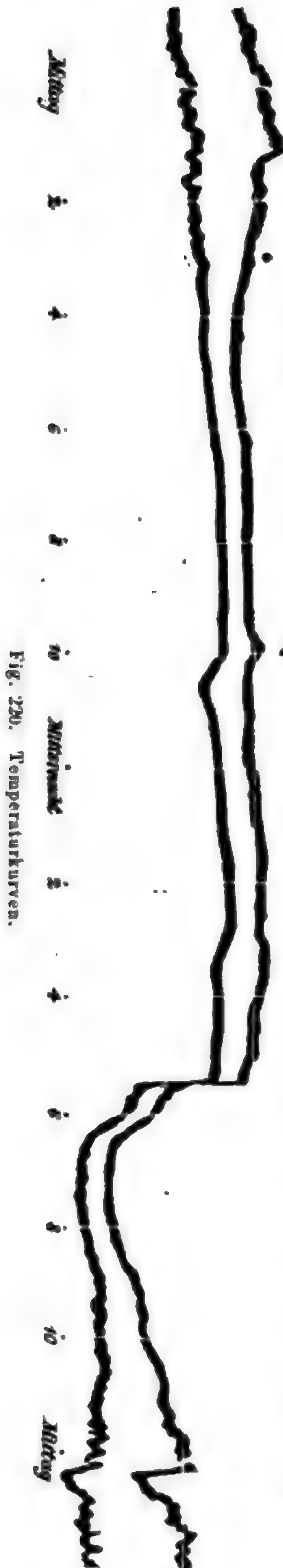


Fig. 220. Temperaturkurven.

Wir sehen an den zwei Kurven deutlich die mittels des geschilderten Lichtschirmes ausgeführten zweistündlichen Unterbrechungen durch 12 helle Stellen markirt. Um $^3/_4$6 Uhr Morgens zeigt sich ein deutliches Fallen der Thermometer. Die Kurven stellen die Temperaturverhältnisse vom 7. März 1868 10 Uhr 38 Minuten Vormittags, bis zum 8. März 1868 1 Uhr 58 Minuten Nachmittags, dar. Die obere Kurve entspricht dem trockenen, die untere dagegen dem Stande des Verdunstungsthermometers.

Wenn wir diese Abbildungen genau prüfen, so finden wir, dass das Sinken des Verdunstungsthermometers unter den Stand des trockenen

Thermometers und folglich auch die Feuchtigkeit der Luft zu verschiedenen Tageszeiten merklich differirt, was uns den Beweis giebt, dass Besonderheiten irgendwelcher Art — wie z. B. an der betreffenden Stelle unserer Kurve der plötzliche Temperaturwechsel — mit jenen Apparaten sehr exakt beobachtet und der Zeitpunkt des Eintrittes jener Erscheinungen sehr genau verifizirt werden können.

### 2. DER BAROGRAPH.

Die photographische Darstellung der täglichen Schwankungen des Luftdruckes wird durch einen dem Thermographen ziemlich ähnlichen Mechanismus bewerkstelligt, jedoch muss dabei ein besonderer Umstand Berücksichtigung finden.

Die Oberfläche der Barometer-Quecksilbersäule nämlich ändert nicht allein den Standpunkt durch den höheren oder niedrigeren Druck der Luft, sondern auch durch die Einwirkung der Wärme. Die verschiedene von Temperatureinflüssen abhängige Dichtigkeit des Quecksilbers verursacht, dass die Höhe des Barometerstandes bei verschiedenen Temperaturgraden der Kraft des atmosphärischen Druckes nicht den absolut genauen Ausdruck verleiht. So muss z. B., da bei 0° R. das Quecksilber dichter ist, als bei 16° R., die Höhe der Säule im ersteren Falle geringer sein, als im letzteren, selbst wenn gar keine Aenderung des atmosphärischen Druckes vorhanden wäre. Zum Ausgleiche dieser Unregelmässigkeit pflegte man früher bei dem Ablesen des Barometers jedesmal die Temperatur des Quecksilbers zu messen und mittels einer Korrektionstabelle die Temperaturdifferenz durch Rechnungsabzug auszugleichen. Man hatte im Allgemeinen als richtiges Normalmass das Ergebniss des Luftdruckes auf eine Quecksilbersäule angenommen, welche eine konstante Temperatur von 0° R. besitzt und berechnete den wirklichen Luftdruck auf Grund dieses Verhältnisses aus der Barometerhöhe.

Der erste, welcher photographische Aufzeichnungen des Barometerstandes versuchte, war Francis Ronalds. Schon an dem ursprünglichen Barographen desselben, welcher in gewisser Beziehung als die Grundlage aller betreffenden neueren Instrumente angesehen werden muss, war eine mechanische Vorrichtung zum Ausgleiche der Temperaturdifferenzen angebracht, indem Ronalds den betreffenden Mechanismus so einrichtete, dass die ganze, das Quecksilber enthaltende Röhre um so viel gesenkt wurde, als die Quecksilbersäule durch Temperatureinflüsse gestiegen war.

Zwei Misstände aber sprachen gegen diese Vorrichtung: erstens das schwere Gewicht des Barometers und zweitens die unsichere Hebemechanik, welche, wenn auch genau berechnet, doch nicht durch selbstthätige Naturkräfte bedingt war. Man suchte daher nach einer Verbesserung und fand solche in der Anwendung von Metallstäben, welche sich durch Einwirkung der Temperatur ausdehnen und zusammenziehen und durch eine einfache Vorrichtung jene Temperatureinflüsse auf die Barometersäule ausgleichen. Während die Quecksilbersäule im Barometer (Fig. 221) steigt, und durch die alsbald näher zu beschreibende Beleuchtungs-

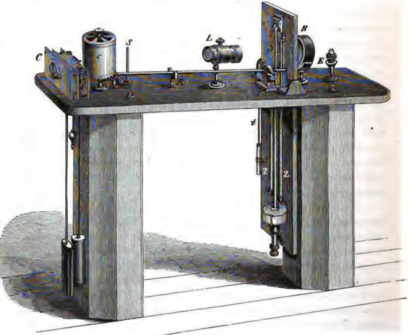


Fig. 221. Barograph.

Vorrichtung *E* ein Bild der oberen Quecksilbergrenze durch Vermittelung des Objektivs *L* auf den mit sensitivem Papiere bedeckten Cylinder *c* geworfen wird, heben oder senken die Zinkstäbe *ZZ* durch eine Hebelvorrichtung den ganzen, ziemlich leichten photographischen Apparat. Diese Stäbe sind mit ihrem unteren Ende an eine Zinktafel festgenietet und stehen an ihrem oberen Ende, nachdem sie durch die Tischplatte gegangen, mit einem Hebelwerke in Berührung, dessen Stützpunkt sich vor dem Barometer auf dem bei *f* angebrachten Metallstücke

Digitized by Google

befindet; der Hebel *R* besteht aus einem Glasstabe, dessen kürzeres Ende mit den Zinkstäben korrespondirt, während der äusserste Theil seines längeren Endes dicht unter den Cylinder und das sensitive Papier reicht und mit diesem verbunden ist; auch der Lichthemmer *s* steht mit der Hebelvorrichtung in Kontakt.

In demselben Verhältniss, wie die Quecksilbersäule durch Temperatureinflüsse steigt oder fällt, dehnen sich die Zinkstäbe aus, oder sie ziehen sich zusammen. Ihre Ausdehnung gestattet ihnen nur nach oben zu wirken, weil sie unten festgenietet sind. — Steigt nun z. B. die Temperatur, so steigen auch die Zinkstäbe, somit heben dieselben den Glashebel an dem kürzeren Ende in die Höhe; das längere Ende und mit ihm die Lichtschreibevorrichtung *c* werden in gleichem Verhältniss sich senken, wodurch der Temperaturausgleich bewerkstelligt wird und nur die Einwirkung des Luftdruckes auf die Quecksilbersäule photographisch sich registrirt.

Ebenso wie bei dem Thermographen wird alle zwei Stunden durch den mit dem Cylinder sich hebenden und senkenden Lichthemmer *s* die Lichtwirkung auf vier Minuten unterbrochen. Während dieser Zeit wird mit einem andern Normalbarometer die Kurve kontrolirt; man erhält dadurch die getreuen Angaben des Luftdruckes, welche zu den bestimmten Momenten mit den Angaben der barographischen Kurve in Einklang stehen müssen. Durch Vergleichung wird auch hier die grösstmögliche Genauigkeit erlangt.

Wenn zu derselben Zeit die Temperatur des Quecksilbers der Barometersäule noch besonders bestimmt wird, was man durch Eintauchen eines Thermometers in ein mit Quecksilber gefülltes enges cylindrisches Gefäss bewerkstelligt, so ergiebt sich die Temperatur der Quecksilbersäule im Barographen, sowie durch gleichzeitige Kontrole diejenige der Zinkstäbe, wie sie zu bestimmten, mit den Punkten auf der Kurve korrespondirenden Momenten gewesen, so dass mit einiger Aufmerksamkeit jeder Fehler vermieden werden kann. — Die Tabellirung der Kurve wird mit einer, analog dem oben geschilderten Thermo-Tabellirungsinstrumente konstruirten Tafel vorgenommen.

In der Abbildung des Barographen (Fig. 221) bedeutet *E* die Flamme (Gas oder Paraffin); *B* das Ochsenauge oder die Sammellinse, durch welche ein vergrössertes Bild der Flamme auf den leeren Raum über dem Quecksilber des Barometers (*b*) geworfen wird. Das Barometer selbst kann mit einer Schraube höher oder niedriger gestellt werden. *S* ist ein Spalt, welcher den über dem Quecksilber durchgelassenen Lichtstrahl verschmälert. Der Spalt ist nach oben durch das Ende des Einschnittes in der Holztafel und nach unten durch die Oberfläche des Quecksilbers

Fig. 135. Kurve des Luftdrucks in 12 Stunden.

begrenzt; dadurch wird beim Fallen des Barometers der beleuchtete Raum länger, beim Steigen des Barometers kürzer werden. *L* ist das photographische Linsensystem, mittels dessen ein Bild des Spaltes auf das den Cylinder *c* umgebende sensitive Papier geworfen wird. *C* ist das den Cylinder treibende Uhrwerk, welches auch den Lichthemmer *s* regiert. *R* ist der Stützpunkt des Hebels und *ZZ* bezeichnet die oben beschriebenen Metallstäbe.

Bei der photographischen Darstellung der Luftdruckverhältnisse werden wir mit den geschilderten Apparaten keine Linienkurve, sondern eine durch eine Kurve begrenzte photographirte Fläche erhalten. Diese Fläche entsteht durch die senkrechte Lichtlinie, die sich von dem Spalte *S* auf den beweglichen Cylinder überträgt,

sodass die nach unten stattfindende Verkürzung oder Verlängerung des Spaltes durch die auf- und absteigende untere Grenze der Fläche *A B C D* Fig. 222 bezeichnet wird, welche Linie dem Luftdrucke proportional ist. Die betreffende Figur zeigt die genaue Kopie eines Barogrammes von 24 Stunden Zeitdauer, wie solches vom 7. März 1868 10 Uhr 32 Minuten Vormittags bis zum 8. März 1868 1 Uhr 58 Minuten Nachmittags zu Kew photographirt wurde. Wir ersehen aus der die schwarze Stelle des Bildes abgrenzenden Kurve *B D*, dass das Barometer Morgens früh kurz nach 5 Uhr am tiefsten gestanden, sich an demselben Tage gegen Mittag allmählich erhob, jedoch nicht die Höhe des vorangegangenen Tages erreichte. Um die Mittagsstunde, dann um 2, 4, 6, 8 Uhr u. s. w. sehen wir strichförmige helle Lücken in dem schwarzen Bilde; sie bezeichnen die Momente, wo der Lichthemmer einsprang und die Kontrolirung mittels des Normalbarometers vorgenommen wurde.

### 3. DER HYGROMETROGRAPH.

Um den relativen Feuchtigkeitsgrad der Luft zu bestimmen, hat man Apparate konstruirt, welche unter dem Namen Hygrometer oder Feuchtigkeitsmesser bekannt sind. Das Grundprinzip dieser Instrumente beruht auf den hygroskopischen Eigenschaften vieler Körper, indem solche aus der Luft Wasserdämpfe in sich aufnehmen und dadurch ihr Volumen verändern. Darmsaiten, Fischbeinfasern, Haare und manches andere Material wird, wenn es Feuchtigkeit anzieht, länger, wenn es austrocknet, kürzer. Befestigt man nun ein durch Aetherwaschung entfettetes Haar (Fig. 223) mit seinem oberen Ende an eine kleine Klemme *a*, mit seinem unteren Ende an eine zweirinnige Rolle *o*, welche durch ein sehr leichtes Gewicht *p*, um das Haar *c* in Spannung zu erhalten, nach einer Seite hin ihren Schwerpunkt erhält, so wird der an der Rolle befindliche Zeiger, je nachdem sich das Haar verlängert oder verkürzt, auf dem sichtbaren Gradbogen hin und her gehen. Der Nullpunkt des Gradbogens wird gefunden, wenn das Haar in einem möglichst luftverdünnten Raume, etwa unter der Glocke einer Luftpumpe, auf deren Teller ein Gefäss mit Schwefelsäure steht, ausgetrocknet wurde; der Zeiger wird dann den höchsten Grad der Trockenheit angeben, welchen man mit Null bezeichnet. Bringt man hierauf den Apparat unter eine Glocke, die mit Wasserdünsten angefüllt

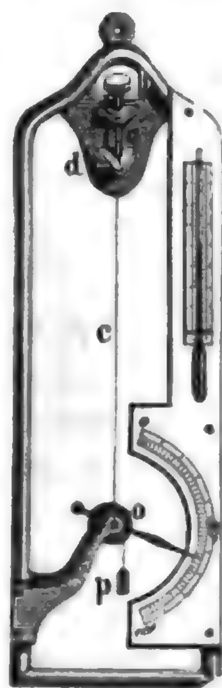


Fig. 223. Haarhygrometer.

ist, so wird das ausgetrocknete Haar so viel Wasser als möglich aufnehmen und sich dadurch wieder bis zu einem gewissen Grade verlängern. Man bezeichnet dann die Stellung des Zeigers mit 100 und theilt den Zwischenraum in 100 Grade ein. GAY LUSSAC hat eine Tabelle berechnet, die einen gewissen, jedem einzelnen Hygrometergrade entsprechenden Feuchtigkeitsgehalt der Luft angiebt. Danach entsprechen:

| Hygrometer-Grade: | | Relative Feuchtigkeit der Luft in Prozenten: |
|---|---|---|
| 0 | = | 0 |
| 10 | = | 4,57 |
| 20 | = | 9,45 |
| 30 | = | 14,78 |
| 40 | = | 20,78 |
| 50 | = | 27,79 |
| 60 | = | 36,28 |
| 70 | = | 47,19 |
| 80 | = | 61,22 |
| 90 | = | 79,09 |
| 100 | = | 100,00 |

Dem Nullpunkte der Tabelle ist eine Normaltemperatur der Luft von 10—12 Grad Réaumur zu Grunde gelegt.

Zur photographischen Aufzeichnung des Zeigerstandes am Hygrometer kann folgende einfache Vorrichtung dienen: der Gradbogen des Zeigers *o* Fig. 223 wird auf den Bogen eines spitzen Winkels reduzirt und in seiner ganzen Richtung mittels einer schmalen Säge ausgesägt. Hinter dieselben, in einer genügenden Entfernung, wird eine aktinisch wirksame Lichtquelle mit konzentrirenden Linsen, wie wir derartige Einrichtungen in Fig. 218 und 221 abgebildet haben, angebracht, deren Strahlen so gebrochen werden müssen, dass sie den ganzen durchbrochenen Kreisbogen von 0° bis 100° fortwährend beleuchten. Vor dem Hygrometer, genau in der Richtung der durch den Kreisbogen durchtretenden Lichtstrahlen, befindet sich dieselbe photographische Cylindervorrichtung, wie bei dem Thermographen und dem Barographen. Der Theil des Zeigers, welcher den durchbrochenen Kreisbogen kreuzt, wird an der betreffenden Stelle das Licht abhalten und gleichsam einen dunkeln Punkt im Kreisausschnitte darstellen. Steht der Zeiger still, so wird dieser dunkle Punkt, welcher kein Licht durchlässt, eine gerade weisse Linie auf dem lichtempfindlichen, sich schwärzenden Papiere in bestimmter Höhe veranlassen; bewegt sich dagegen der Zeiger nach oben oder unten, so entsteht eine fortlaufende Kurve, welche mit Hülfe von Temperaturaufzeichnungen den Feuchtigkeitsgehalt der Luft leicht berechnen lässt.

## 4. PHOTOGRAPHISCHES ELEKTROMETER. PHOTOGRAPHIE DES ELEKTRISCHEN FUNKENS UND DES BLITZSTRAHLS.

### a. PHOTOGRAPHISCHES ELEKTROMETER.

Zur photographischen Registrirung der elektrischen Spannung in der Atmosphäre hat Francis Ronalds einen sehr geeigneten Apparat angegeben, welcher sich auf dem Observatorium zu Kew befindet.

Das gewöhnliche Elektrometer Fig. 224 ist von einem runden Glasgefässe umschlossen, durch dessen mittels Schellackfirniss isolirten Deckel ein geknöpfter Leitungsstab eingefügt ist. An seinem unteren Ende trägt derselbe zwei feine, einen Zoll lange Goldschaumblättchen. Aus dem Grade der Entfernung dieser Goldblattpendel von einander kann man auf die Stärke der elektrischen Spannung in dem Augenblicke schliessen, wo solche dem geknöpften Stäbchen über den Pendeln sich mittheilt. Der Photoelektrograph zu Kew stützt sich in grossem Masstabe auf das nämliche Prinzip.

Fig. 224. Elektrometer.

*A* (Fig. 225) ist das untere Ende eines dem Konduktor einer Elektrisirmaschine gleichenden Elektrizitätleiters, welcher mit einer Kupferleitung in Verbindung steht, die bis über das Dach des Gebäudes emporragt, und zugleich nach unten durch die metallische Verbindung *B* mit den Goldblättchen *C* zusammenhängt. Die letzteren sind, analog dem gewöhnlichen Elektrometer, in einer Glashülle isolirt. Eine sehr wirksame Lichtquelle *D* sendet ihr Licht durch den Spalt *C*, welcher in Wirklichkeit viel enger ist, als auf unserer Zeichnung; in *E* befindet sich ein photographisches Objektiv, welches ein scharfes linienförmiges Bild des Spaltes *C* auf die matte Scheibe *F* wirft; dieses Bild ist von *r* bis *r* in Fig. 225 rechts in natürlicher Grösse besonders dargestellt, während die punktirten Linien *n n* die Goldblättchen in einer gewissen Spannung andeuten. Durch die Absperrung des Lichtes an den Seiten des Spaltes werden sich nur die Stellen der Goldblättchen abbilden, welche den Spalt kreuzen. Es werden demnach in demselben Bilde des Spaltes an der Kreuzungsstelle auf der matten Scheibe zwei schwarze Punkte sichtbar werden, die Stellen der Goldblättchen bezeichnend, welche das Licht nicht durchlassen. Wird nun

statt der matten Scheibe eine lichtempfindliche Platte eingeschaltet, so würde bei Stillstand des Apparates der Spalt als schwarze Linie mit zwei hellen Punkten sich photographisch abbilden. Da aber die Scheibe in einer vertikalen Richtung während der Aufnahme sich fortbewegt, verwandelt sich das Linienbild in eine schwarze Fläche, auf welcher die zwei hellen Punkte in zwei helle Linien ausgezogen sind. Bleibt die Entfernung der Goldblättchen von einander eine gleichmässige, so werden die Linien parallel laufen; gehen aber die Goldblättchen aus einander und nähern sie sich wieder, so werden die parallelen Linien sich in zwei Kurven verwandeln.

Fig. 225. Photoelektrograph.

In Figur 226 sehen wir die betreffende photographische Vorrichtung, welche sich hinter der Thüre *G H* (Fig. 225) befindet; sie besteht aus einer photographischen Kassette, welche durch ein Uhrwerk binnen 24 Stunden an dem Objektiv und an der Stelle *F* (Fig. 225) in vertikaler Richtung vorbeigezogen wird. Der Deckel der Kassette öffnet sich durch Anstossen an ein vorstehendes Häkchen allmählich in dem Grade wie die Kassette emporsteigt, wobei die der Thür *G H* gegenüberliegende Wand das möglicherweise eindringende Nebenlicht abhält. Die kleinere Illustration unter dem Uhrwerke der Fig. 226 zeigt zwei zusammengehörige

Kurven; der querstehende Bügel in der betreffenden Figur stellt einen Messbogen dar, mit welchem durch Auf- und Abschieben die einzelnen Entfernungen der beiden Kurven von einander gemessen, mithin auch von Stunde zu Stunde die Schwankungen der atmosphärischen Elektrizität angegeben werden können.

6. PHOTOGRAPHIE DES ELEKTRISCHEN FUNKENS UND DES BLITZES.

Eine Reihe von Untersuchungen über die Zeitdauer, welche ein elektrischer Funken benöthigt, um auf eine lichtempfindliche Platte einen Eindruck hervorzubringen, hat Dr. Feddersen angestellt und geben wir nach den Mittheilungen, die der genannte Beobachter an den Verfasser des photographischen Lexikons Dr. J. Schnauss gemacht hat, Folgendes wieder:

»Der elektrische Funken ist eine momentan leuchtende Linie, die sich mit einem gewissen Knall bildet, aber so rasch nach dem Entstehen auch wieder verschwindet, dass alle früheren Versuche, irgend eine bestimmte Dauer dieser Lichterscheinung anzugeben, misslungen sind.

Der elektrische Funke springt an einer bestimmten Stelle zwischen zwei Metallkugeln über. Diesen Kugeln steht ein Hohlspiegel gegenüber; die Strahlen des Funkens sind dergestalt abgeblendet, dass sie alle zerstört werden, bis auf diejenigen, welche den Hohlspiegel treffen und von diesem auf eine matte Glasplatte geworfen werden.

Fig. 228. Bewegliche Kassette zum Photoelektrograph, nebst den elektrischen Kurven.

Spiegel und Glasplatte sind gegen den Funken so orientirt, dass auf der letzteren im Augenblicke der elektrischen Entladung ein scharfes Bild des Funkens sich erzeugt. Vertausche ich (natürlich in einem gegen das Tageslicht völlig abgesperrten Zimmer) die matte Glasplatte mit einer empfindlich gemachten photographischen Platte, so wirkt auf diese das Licht einer solchen Entladung, und das Hervorrufen giebt die Lichtlinie des Funkens (ungefähr in natürlicher Grösse). Die Expositionsdauer ist hier die Dauer des ganzen Funkens, Beides jedoch noch unbekannt. Dies zu ermitteln, befindet sich der Hohlspiegel auf einer rasch rotirenden Achse. Entsteht nun bei der Rotation ein Funken, so wird im ersten Augenblicke seines Entstehens der Spiegel eine bestimmte Stellung gegen die Platte haben, im letzten Moment ebenfalls eine bestimmte, aber andere Stellung. Zwischen diesen beiden Stellungen ist die Dauer des Funkens eingeschlossen. Wenn in beiden Stellungen ein Bild auf die Platte fällt (wie ich es durch besondere Einrichtungen erreicht habe), so muss der ganze Raum zwischen den beiden Bildern successive vom Lichte getroffen werden, weil der Spiegel kontinuirlich aus einer Stellung in die andere übergeht und der elektrische Funken während der ganzen Zeit als leuchtend angenommen wird. Die Folge ist: man sieht den Funken, d. h. die leuchtende Linie, zu einem engen Bande auf der Platte verbreitert, falls überhaupt die Dauer des Funkens gross genug ist, verglichen mit der Rotationsgeschwindigkeit. Diese Bedingung habe ich erfüllt, und die Kenntniss der Rotationsgeschwindigkeit sowie der Winkelgrösse unserer Verbreiterung lässt leicht die Zeit von Anfang des elektrischen Funkens bis zum Ende berechnen. Treten in dem elektrischen Funken Lichtintermittenzen auf, welche längere Zeit wegnehmen, als das Bild des Funkens gebraucht, um einen Raum zurückzulegen, welcher der Breite des Funkens bei Ruhe entspricht, so wird man auch diese Intermittenzen auf der Glasplatte wahrnehmen.

Die Dauer der Lichteinwirkung auf jede Stelle einer anstatt der matten Tafel eingesetzten photographischen Platte, d. h. was man sonst Expositionsdauer nennt, ist so gross als die Zeit, welche das Bild gebraucht, um auf der Platte einen Raum zu durchlaufen, welcher der gewöhnlichen Funkenbreite bei Ruhe gleichkommt. So stellt sich z. B. die Expositionsdauer in der beigegebenen Probe als 2—3 Millionstel einer Sekunde heraus. Nur diese ungemein kurze Zeit hatte das Licht auf jeden Punkt der zersetzten Jodsilberschicht wirken können. Bedenkt man nun, dass der Silberspiegel nur 35 mm. Oeffnung hat, dass also nur etwa $0_{,0003}$ von dem sämmtlichen Lichte, welches der Funken nach allen Seiten ausstrahlt, zur Wirkung kommt, so giebt dies einen Beweis für

die hohe Intensität dieses Lichtes. Zugleich sieht man daraus, dass die Zeit, welche die Aetherschwingungen gebrauchen, um eine chemische Zersetzung hervorzubringen, eine unmessbar kleine ist, vorausgesetzt nur, dass die lebendige Kraft, welche die Aethertheilchen auf die materiellen Atome übertragen können, damit dieselbe zu chemischer Umlagerung verwandt werde, eine hinreichende Grösse habe.

Die ganze Verbreiterung der Lichterscheinung ist nun, mit blossem Auge auf der matten Glasplatte beobachtet, noch um das Sechs- bis Zehnfache grösser; allein hier ist es, wo die photographische Platte dem menschlichen Auge an Empfindlichkeit weit nachsteht. Die Intensität des Lichtes nimmt gegen das Ende kontinuirlich ab und wird verhältnissmässig schon sehr früh für die empfindliche Jodsilberschicht fast wirkungslos.«

Lässt man einen elektrischen Funken zwischen zwei Glasplatten, von welchen die eine kollodionirt, jodirt und gesilbert ist, von dem Konduktor einer Elektrisirmaschine, oder einer Leidener Flasche überspringen, so beschreibt derselbe eigenthümliche, zackige Figuren auf der präparirten Platte, welche den Weg des Funkens andeuten, und nach dessen Grösse und Kraft verschieden sind. Sowol die mechanische Thätigkeit als auch das chemisch zersetzende Licht des elektrischen Funkens veranlassen die genannten Wirkungen.

Um den Blitz photographisch darzustellen, stellt man während eines nächtlichen Gewitters einen gewöhnlichen photographischen Apparat mit geöffnetem Objektive gegen diejenige Seite des Horizontes auf, wo die meisten Blitze sichtbar sind. Man benutze ein weitgreifendes Landschaftsobjektiv und schiebe hinter die offen stehenden Linsensysteme die in einer Kassette enthaltene präparirte Platte ein, ziehe den Kassettenschieber empor, und warte den Blitz und dessen momentane Wirkung ab. Es werden alsdann ähnliche Figuren auf der silberjodirten Platte entstehen, wie bei der Photographie des elektrischen Funkens. Während zackige Blitze bei Benutzung eines lichtstarken Objektivs ein genaues Bild ihrer Gestalt zurücklassen, äussern flächenförmige Blitze und Wetterleuchten über die ganze Platte eine das Silber reduzirende Wirkung, indem, nach der Fixirung, nur eine formlose Trübung der gesammten lichtempfindlichen Schicht zurückbleibt.

### 5. DIE MAGNETOGRAPHEN.

Die photographische Aufzeichnung der magnetischen Erdströmungen verlangt weit komplizirtere Einrichtungen, als alle diejenigen, welche wir bis jetzt zu ähnlichen Zwecken kennen gelernt haben. Der Grund

dieser Schwierigkeiten liegt in der Verschiedenheit der Kraftäusserungen, welche bei den magnetischen Strömungen der Erde berücksichtigt werden müssen, und die Deklination, die Inklination und die Intensität der Magnetnadelbewegungen bedingen.

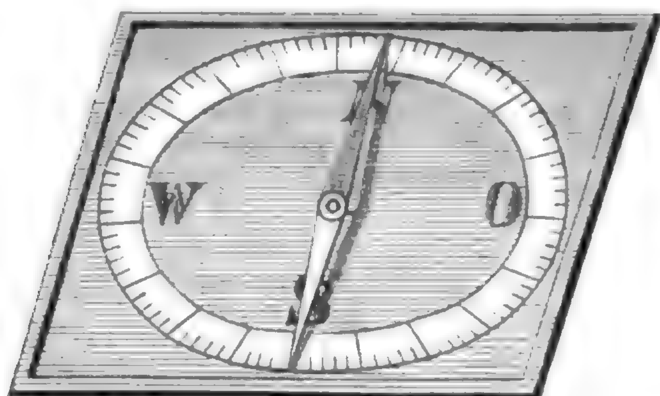


Fig. 227. Deklinationsmagnetnadel (Kompass).

Unter der Deklination oder der Abweichung versteht man bekanntlich den Winkel, welchen der astronomische Meridian eines Ortes mit dem magnetischen Meridian der Magnetnadel macht, oder vielmehr mit der Ebene, welche man sich durch die magnetische Achse eines im Gleichgewichte befindlichen querschwebenden Magneten gelegt denkt. Solche Instrumente sind die gewöhnlichen Kompasse, Magnetnadeln, die mit einer Kreistheilung versehen, durch Rechts- oder Links-Ausschlagen den Grad der östlichen oder westlichen Deklination angeben (Fig. 227).

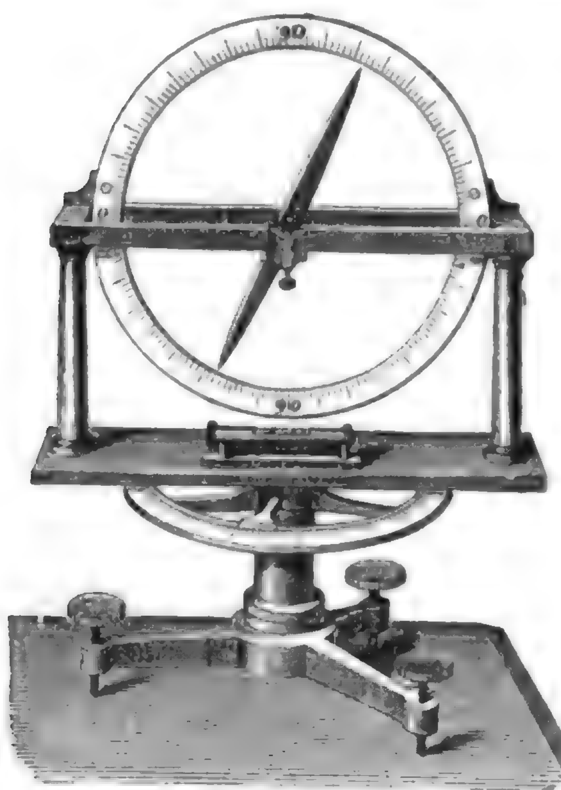


Fig. 228. Inklinationsmagnetnadel.

Stellt man eine Magnetnadel senkrecht, d. h. hängen wir dieselbe so auf, dass sie sich nicht in horizontaler, sondern nur in vertikaler Richtung drehen kann, so bleibt sie nicht mehr senkrecht stehen, sondern bildet mit der durch ihren Mittelpunkt gehenden Horizontalebene einen Winkel, welcher die sogenannte magnetische Inklination anzeigt; die Apparate zur Messung des genannten Winkels nennt man Inklinatorien (Fig. 228). Während die deklinatorische Kraft nach den beiden Polen sich verringert, nimmt die inklinatorische nach dem Aequator hin allmählich ab, wobei sich rings um die Erde herum ein Kreis ergiebt, in dessen Bereich die Magnetnadel von beiden Polen gleich stark angezogen wird, mithin die Inklination zu einem oder dem anderen Pole aufhört und die Nadel wagrecht steht; dieser Kreis ist der magnetische Aequator.

Ausser der Deklination und Inklination der Magnetnadel, welche die Richtung der Kraft andeuten, ist noch die magnetische Gewalt beider Ströme, die sogenannte Intensität des Erdmagnetismus in Berücksichtigung zu ziehen, gleichsam das die beiden genannten Erscheinungen ergänzende Moment. Diese Kraft wird durch den Widerstand gemessen, welchen eine angebrachte mechanische Hemmung der magnetischen Bewegung entgegensetzt. Wird ein Magnetstab an zwei Metallfäden aufgehängt, so befindet er sich nur dann im Gleichgewicht, wenn die beiden Fäden in einer Ebene liegen. Sobald man aber den Stab etwas dreht, so werden die Fäden spiralförmig um einander gewunden, und ihre Spannung bedingt das Bestreben wieder in ihre frühere Stellung zurückzukehren. Während nun die beiden Fäden immer in einer Ebene zu verharren sich bestreben, äussert der Erdmagnetismus eine gewisse Kraft auf die Magnetnadel oder den Magnetstab, um solchen aus seiner den Fäden parallelen Richtung herauszudrehen und die Achse des Magnetstabes in den magnetischen Meridian zu stellen. Bei *abcd* (Fig. 229) ist eine Kreisschraube angebracht, durch welche man den in horizontaler Ebene schwingenden Magnetstab beliebig stellen kann. Diese Schraube wird nun so lange gedreht, bis ein Gleichgewicht zwischen der magnetischen Kraft und der Spannung der Fäden erzielt ist, wobei die Achse des Magnetstabes rechtwinkelig auf dem magnetischen Meridian zu stehen hat; die geringste Veränderung der Intensität oder der Kraft des Erdmagnetismus wird

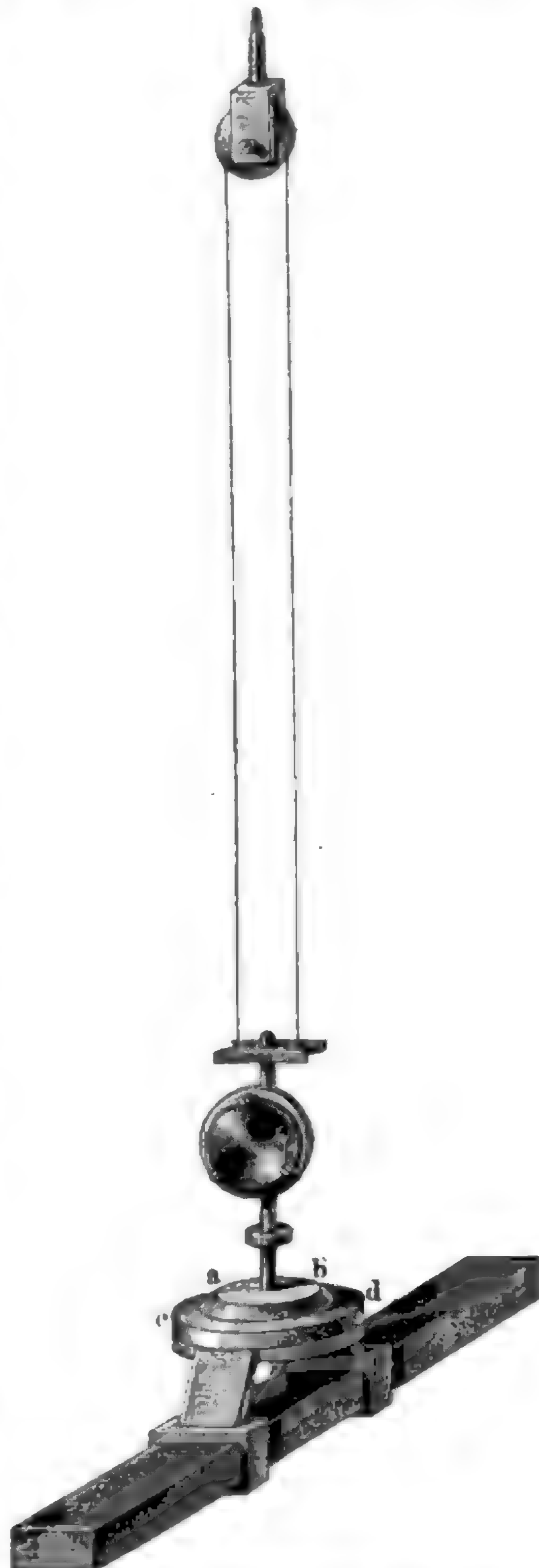


Fig. 229. Messinstrument der magnetischen Kraft.

eine Aenderung der Lage des Magnetstabes bedingen, welcher alsdann die Differenz der Kraft des magnetischen Stromes anzeigt und dessen Angaben mit Hülfe eines Gradbogens abgelesen werden können.

Die beständigen Schwankungen der magnetischen Erdströmungen werden an den verschiedensten Orten der Erde Jahr aus Jahr ein beobachtet, um aus der Vergleichung der betreffenden Resultate das Gesetz zu ergründen, von welchem alle diese Erscheinungen abhängig sind. Die an vielen Orten gleichen magnetischen Verhältnisse lassen sich durch bestimmte Kurvenformen auf einer Abbildung der Erdoberfläche darstellen, und man hat auf diese Weise für die Deklination, die Inklination und die Intensität drei verschiedene Kurvensysteme in die Karten eingetragen, welche die isogonischen (gleichwinkeligen), die isoklinischen (gleichgeneigten) und die isodynamischen (gleichkräftigen) Kurven genannt werden (Fig. 230).

Fig. 230. Verbreitung der magnetischen Strömungen auf der Erde.

Jedoch variiren diese Kurven im Laufe der Jahre mannichfach; so zeigte z. B. in Paris im Jahre 1580 die Magnetnadel 11° 30′ östliche Abweichung, ging dann bis zum Jahre 1814 auf 22° 34′ westlich; seit dieser Zeit ging sie wieder sehr zurück, zeigte in Paris im Jahre 1852 20° 34′ und am 1. Januar 1876 — mit einem jährlichen Abnehmen von 6′ 16″ — 17° westliche Abweichung.

Ausser diesen unaufhörlichen geringen Aenderungen der magnetischen Kräfte, die alle von gleichartigen Ursachen hervorgerufen zu sein

scheinen, treten plötzlich hier und da grössere magnetische Störungen auf, welche eine so bedeutende Unruhe und so grosse Ausschläge der Magnetnadel im Gefolge haben, dass man sie magnetische Stürme benannt hat. Diese Stürme pflanzen sich rasch über die ganze Erdoberfläche fort und wirken theils in Form beträchtlicher Hin- und Herbewegungen, theils in Form plötzlicher Stösse auf die Magnetnadel ein. Für die Schiffahrt sind diese magnetischen Störungen deshalb von grosser Bedeutung, weil denselben meist nach einigen Stunden Stürme auf dem Meere folgen. Die magnetischen Observatorien sind oft im Stande derartige Stürme vorauszusagen und durch Telegramme nach den Hafenplätzen die Schiffe am Auslaufen noch rechtzeitig zu verhindern. Unsere Fig. 231 zeigt eine getreue Abbildung des Photogramms einer magnetischen Sturm-Kurve, wie solche im Jahre 1862 vom 13. Dezember 10 Uhr $24^1/_2$ Min. Vorm. auf den 14. Dezember 10 Uhr 16 Minuten im Observatorium zu Kew photographisch aufgezeichnet wurde, während die ziemlich gerade laufende mittlere gleichmässigere Linie eine normale Kurve des folgenden Tages (14. Dezember 1862, 10 Uhr 15 Minuten bis 15. Dezember 1862 10 Uhr 6 Minuten) andeutet.

Fig. 231. Magnetische Sturmkurve.

Wir werden im Folgenden die Apparate beschreiben, mit welchen solche Kurven gewonnen werden. Die Originalabbildungen zu den aufgenommenen Illustrationen wurden uns, ebenso wie diejenigen für den Thermo- und den Barographen von der Direktion der Sternwarte zu Kew gütigst übermittelt.

Derartige Instrumente sind daselbst in einem der unteren Zimmer eines Observatoriums aufgestellt, dessen Dach sich nicht viel über das Niveau des Erdbodens erhebt. Ein das Gebäude umschliessendes Gewölbe schützt vor Feuchtigkeit und vor Einwirkung des Temperaturwechsels. Das Aufnahmezimmer hat die Form eines Oktogons, und misst im Durchmesser 7, in der

Höhe $5^1/_3$ Meter. Es erhält das Tageslicht nur durch orangegelb gefärbte Scheiben, welche bekanntlich die meisten chemisch wirksamen Lichtstrahlen ausschliessen.

Vier aus Stein gebaute Säulen *A B C D* (Fig. 232) sind fest in den Boden eingemauert. Die Mittelpunkte der Pfeiler *B C D* befinden sich in einer zum magnetischen Meridian perpendikulären Linie, während der Mittelpunkt des Pfeilers *A* sich in der Linie des Meridians befindet, welche Eigenschaft auch der Pfeiler *D* theilt, in welchem sich die zwei Richtungen kreuzen. Die Säulen *A B* und *C* tragen die drei Magnetographen, die Säule *D* trägt die nöthigen registrirenden Cylinder und das dieselben bewegende Uhrwerk. In Fig. 232 ist der Grundriss der gesammten Vorrichtung ersichtlich, während Fig. 233 das Lichtzuleitungsrohr, welches sich an den drei Magnetographen wiederholt, im Querschnitt zeigt.

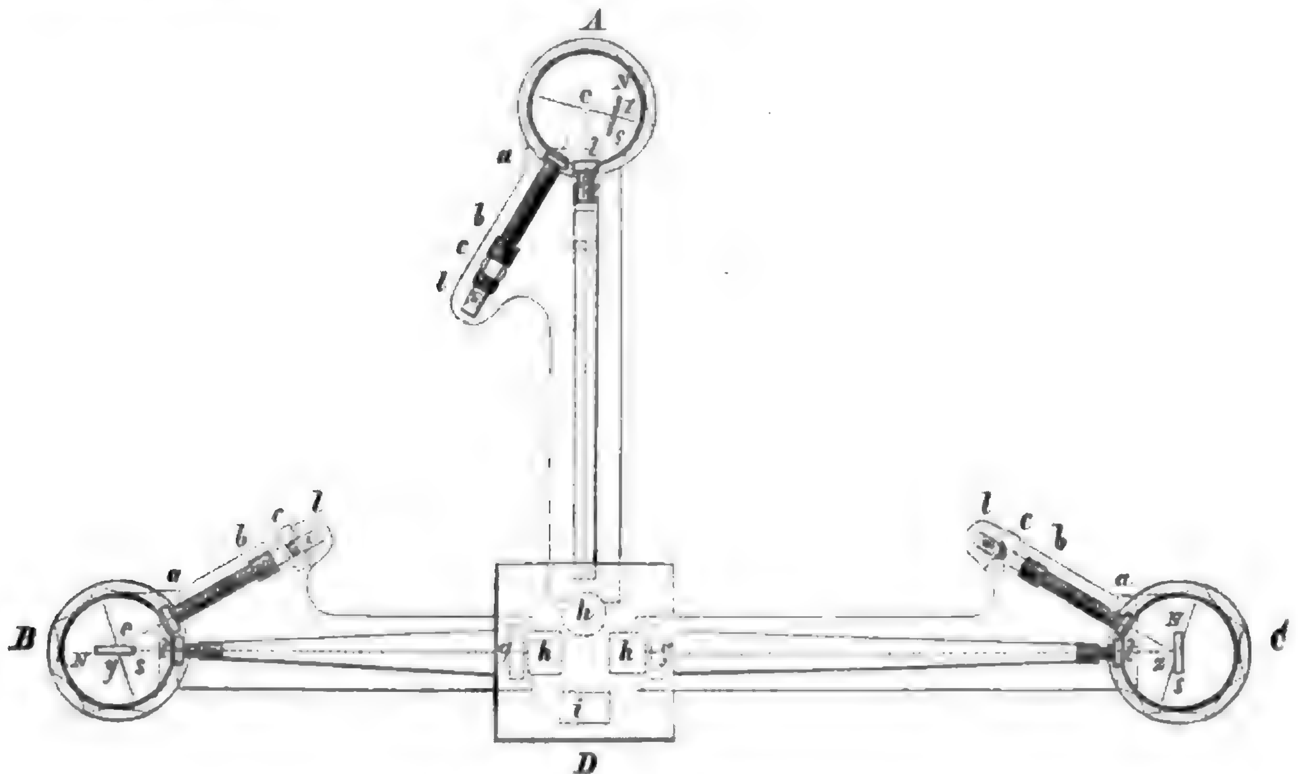



Fig. 232. Grundriss der Magnetographen.

In Fig. 233 bezeichnet *l* eine Gasflamme, deren Brenner eine schmale linienförmige, $^1/_{100}$ Zoll breite und $^3/_4$ Zoll lange Oeffnung hat; *c* ist ein aus 2 sogenannten Ochsenaugen bestehendes Linsensystem, welches das Licht auf einen schmalen Spalt bei *b* zu sammeln bestimmt ist. Durch diese optische Vorrichtung wird dem in einiger Entfernung befindlichen Lichte dieselbe Wirksamkeit verliehen, die es besässe, wenn es sich dicht am Spalt befinden würde. In *d* ist ein solcher Spalt in horizontaler Richtung, wie er sich an dem Inklinations-Magnetographen,

in *e* ein vertikaler Spalt, wie er sich an dem Deklinations- und dem Intensitäts-Magnetographen befindet, besonders abgebildet.

Mittels einer Vorrichtung *f* können Gasflamme, Doppellinse und Spalt einander genähert und von einander entfernt werden.

Das den Spalt passirende Licht geht durch die bedeckte Röhre *b a* zu einer plankonvexen achromatischen bei *a* (vergl. Fig. 232) befindlichen Linse, welche es auf zwei halbrunde Spiegel, die ihren Mittelpunkt in *e* haben, konzentrirt. Der untere Spiegel *S'* (Fig. 234) ist an ein Marmorstäbchen gekittet; der den unteren beinahe berührende obere Spiegel *S* ist an einem lose aufgehängten Magneten befestigt und bewegt sich mit demselben. Nachdem das Licht den Spiegel *e* (Fig. 232) verlassen, wird es in der Richtung *e f g* gebrochen, um durch eine bedeckte Röhre *f g* bis auf die mit sensitivem Papier überzogenen Cylinder *h* geführt zu werden.

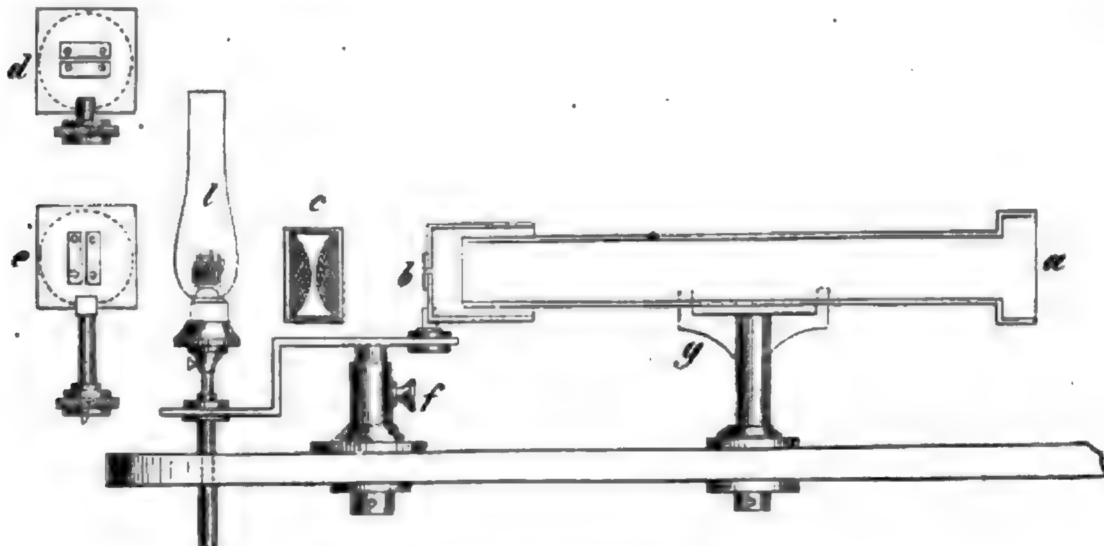



Fig. 233. Lichtleitungsrohr des Magnetographen.

Die Linse *f* (Fig. 232) hat eine sehr bedeutende Brennweite, sodass die durch den Spalt *b* gehenden Strahlen erst auf dem Cylinder in einen Punkt vereinigt werden. Um diesen Lichtpunkt zu erhalten, ist die Linse *f* halbcylindrisch geschliffen, sodass deren Fokus auf dem Cylinder die Strahlen des vertikalen Spalts *b* in oben genannter Form vereinigt.

Aber nur wenn beide Spiegel *S* und *S'* (Figg. 234, 235, 237, 238) sich in einer Ebene befinden, erhalten wir einen Punkt auf dem Cylinder. Ist jedoch die Ebene des einen, festen Spiegels zu der des andern, lose hängenden, in einem Winkel geneigt, so werden die Strahlen des einen Spiegels nicht in gleicher Richtung mit denjenigen des anderen reflektirt werden, und also auch auf einem anderen Punkte des Cylinders sich vereinigen. In diesem Falle werden zwei, durch die

halbcylindrische Linse zu Punkten verdichtete Bilder des Spaltes die Fläche des Cylinders erreichen. Die Entfernung dieser beiden Lichtpunkte von einander wird dem Neigungswinkel beider Spiegel entsprechen, und folglich, da der eine derselben fest steht, der andere sich mit dem Magneten bewegt, die jeweilige Stellung des Magneten sicher aus der Stellung der genannten Lichtpunkte herzuleiten sein.

Der mit sensitivem Papier bekleidete Cylinder bewegt sich durch ein Uhrwerk (Fig. 242) einmal in 24 Stunden um seine Achse, sodass der vom festliegenden Spiegel herrührende Punkt eine gerade, der vom beweglichen herrührende eine den Bewegungen des Magneten entsprechende Kurve beschreiben muss. Da aber die Magneten sich durch horizontal und vertikal wirkende Kräfte unterscheiden, so muss auch hierauf bei der photographischen Darstellung Rücksicht genommen werden.

Die Anordnung der horizontal wirkenden Instrumente gleicht in allen Stücken den vertikal wirkenden mit dem Unterschiede, dass im Deklinations-Magnetographen (Fig. 234 und 235) die Spiegel sich in horizontaler Richtung bewegen, während am Inklinations-Magnetographen (Fig. 237 und 238), entsprechend der Bewegung der Magnetnadel, auch die Spiegel sich in vertikaler Richtung drehen.

a. DER DEKLINATIONS-MAGNETOGRAPH.
(Figg. 234 und 235.)

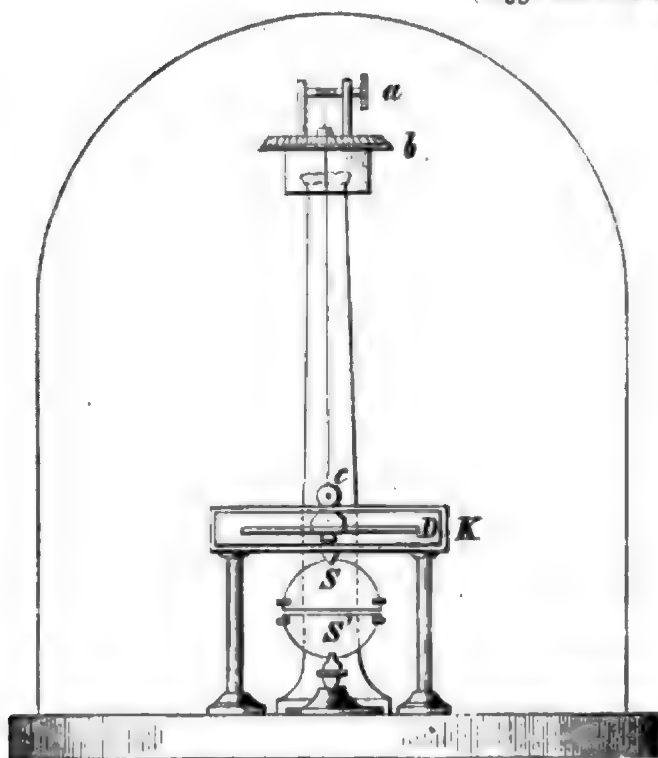


Fig. 234. Deklinations-Magnetograph im Aufriss.

Der wichtigste Theil dieses Instrumentes ist der an einem mit Wachs getränkten Seidenfaden bei *b* (Fig. 234) aufgehängte Deklinationsmagnet *D*; derselbe besteht aus einem rechteckigen 5,4 englische Zoll langen, 0,8 Zoll breiten und 0,1 Zoll dicken Eisenstäbchen, welches mit dem halbkreisförmigen beweglichen Spiegel *S* in Verbindung steht; unter dem letzteren ist der zweite Spiegel *S'* auf einen runden Marmorsockel festgekittet. Beide Spiegel sind mit grosser Sorgfalt glatt geschliffen und bleiben, wenn keine magnetische Bewegung auf sie einwirkt, in einer Ebene. Um den Magneten ist ein viereckiger

kupferner Dämpfer *K* zur Vermeidung der Magnetoscillationen, sowie zum Zwecke sofortiger mechanischer Hemmung der magnetischen Bewegung überhaupt, angebracht. Der Seidenfaden, an welchem der Magnet hängt, geht durch einen durchbohrten Messingbügel über eine Aufhängewalze *a* und kann durch einen Drehungszirkel *b* festgestellt werden.

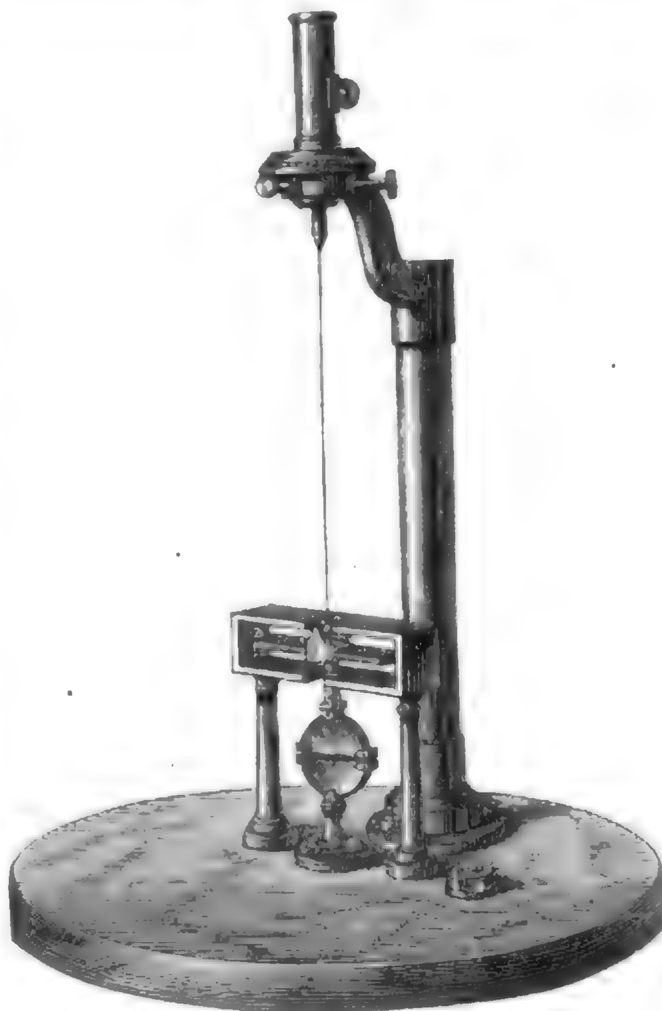


Fig. 235. Deklinations-Magnetograph.

Dieser Deklinations-Apparat steht ebenso wie die beiden zur Messung der Inklination und Intensität verwendeten Instrumente unter einer Glasglocke, welche auf einem 20 englische Zoll breiten und 1,2 Zoll dicken Marmorblöckchen hermetisch anschliessend aufsitzt. Dieses Glas ist inwendig zum Theil vergoldet, um die mit den hineingeleiteten Lichtstrahlen von aussen eindringende Wärme zu absorbiren, damit feine Luftströmungen, welche ein geringer Temperaturwechsel hervorzubringen im Stande ist, vermieden werden, während ein im Innern des Glasbehälters stehendes, mit Chlorcalicumstückchen gefülltes Gefäss die Feuchtigkeit absorbirt. Der obere nicht vergoldete Theil

Fig. 236. Deklinationskurven vom 13. August 1859, 10 Uhr 21 Min. Vorm. bis 14. Aug. 10 Uhr 10 Min., und vom 14. Aug. 1859, 10 Uhr 13½ Min. Vorm. bis 15. Aug. 10 Uhr 16 Min. Vorm.

des Glasbehälters ist von aussen mit einer abnehmbaren Tuchhülle versehen. Etwas über dem unteren Rande sind in die Glasglocke zwei Oeffnungen eingebohrt; die eine dieser Oeffnungen ist mit einer Konvexlinse verschlossen, während in die andere ein parallelwandiges Glas

befestigt ist; die letztere Oeffnung ist nach dem photographischen Apparate, die erstgenannte nach der Lichtquelle gerichtet. Das die Apparate tragende Marmorblöckchen ist auf einen soliden, $1^1/_3$ Meter hohen Pfeiler von Portland-Zement aufgekittet und in der Gesammtansicht des Deklinations-Magnetographen (Fig. 235) ersichtlich.

Die von der Lichtquelle kommende, oben geschilderte Lichtleitungsröhre (Fig. 233 S. 251) mündet in die mit der Linse geschlossene Oeffnung der Glasglocke ein, während das zu dem photographischen Apparate (*D* Fig. 232 S. 250) führende Rohr an das oben erwähnte parallelwandige Glas grenzt.

Nachdem das Licht (*l* Fig. 233) den Kondensor *c* und den Spalt *b* passirt hat, fällt es auf die halbcylindrische Linse *a* und gelangt von hier aus auf die beiden Spiegel (*e* Fig. 232 S. 250), welche in gleicher Höhe mit der Linse *a* sich befinden und in einem Winkel von 15 Grad zur Achse des Magneten gestellt sind. Da der Winkel *a e f* (Fig. 232) 30 Grad beträgt und *e f* perpendikulär zum magnetischen Meridian geneigt ist, wird die genannte Stellung des Spiegels nothwendig, um den Strahl *a e* in der Richtung von *e f* weiter senden zu können.

Die Entfernung von der Lichtquelle zu dem Spalte *b* beträgt 6 englische Zoll, von da bis zur Linse *a* 17,7 Zoll; von der Linse zum Mittelpunkt des Spiegels 8,1 Zoll; das die Zinkröhre *f g*, welche den Pfeiler des Deklinations-Magnetographen mit dem Centralpfeiler verbindet, passirende Licht hat einen Weg von 78 Zoll zu durchsetzen; es beträgt demnach die Entfernung von der Lichtquelle bis zu dem sensitiven Papiere 109,8 Zoll englisches Mass. 1,2 Zoll vor dem sensitiven Papiere befindet sich noch die plankonvexe Konzentrationslinse *g*, welche alle durch das Zinkrohr tretenden zerstreuten Strahlen auf einen Punkt konzentrirt (Fig. 232).

### b. DER INKLINATIONS-MAGNETOGRAPH.
(Figg. 237 und 238.)

Ein dem Deklinationsmagneten analoger Eisenstab (*D* Fig. 237) wird bei diesem Instrumente durch eine messerartige Kante von Stahl, welche in einer Achatrinne balancirt, in Gleichgewicht gehalten (*a* Fig. 237). Der Magnet ist an einer Seite mit einer horizontal, an der anderen Seite mit einer vertikal wirkenden Schraube versehen, mittels welcher der Schwerpunkt mehr nach der einen oder der anderen Seite verlegt werden kann. Ebenso ist es möglich, den Magneten hoch oder niedrig zu stellen, um durch freieres oder mehr gehemmtes Schweben die Sensibilität des Instrumentes erhöhen und vermindern zu können.

Die Schrauben sind so gestellt, dass der Schwerpunkt des Magneten

in dessen Südseite liegt, welches Uebergewicht theils durch die magnetische Kraft, welche danach strebt das nördliche Ende herunter zu ziehen, neutralisirt, theils durch ein gegen Norden horizontal herausstehendes Stückchen Messing ausgeglichen wird. Angenommen das Ganze stünde bei einer gewissen Temperatur im Gleichgewicht, so würde durch die grössere Ausdehnungsfähigkeit des Messings das Gewicht an der Nordseite sich schneller senken als dasjenige an der südlichen. Es wird also ein leichtes Uebergewicht stattfinden, und dieses kann so eingerichtet werden, dass es in grossem Masse den Ausfall magnetischer Kraft, welcher durch die Vermehrung der Temperatur hervorgebracht wird, neutralisirt. — Die Ebene des Inklinations-Magneten befindet sich 15° ausserhalb des magnetischen Meridians.

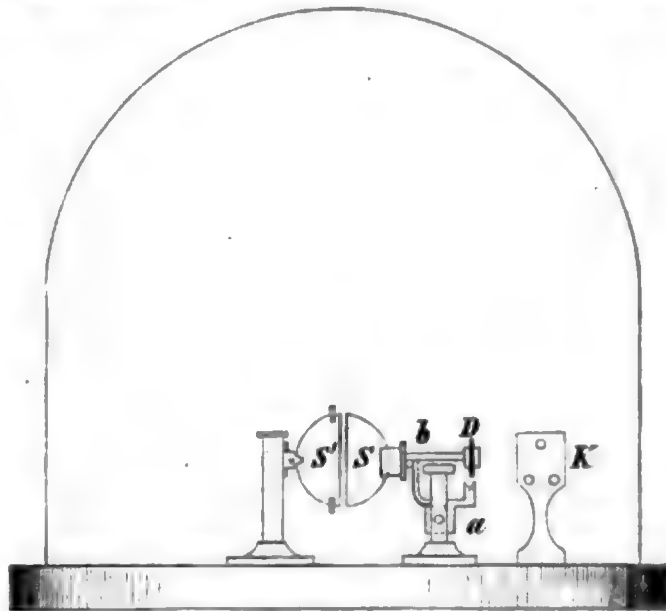


Fig. 237. Aufriss des Inklinations-Magnetographen.

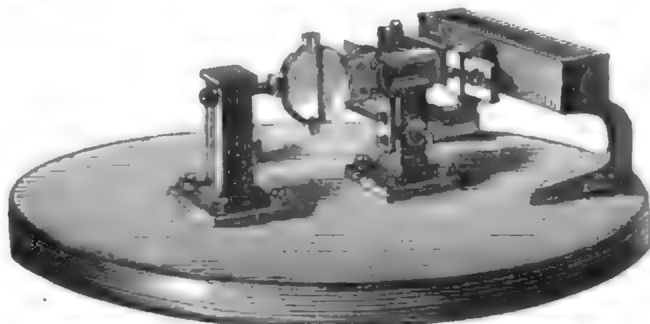


Fig. 238. Ansicht des Inklinations-Magnetographen.

Der Doppelspiegel dieses Instruments bewegt sich zur Hälfte *S* (Fig. 237) mit dem Magneten, während der Spiegel S' befestigt ist. Vermittels eines Hebels kann der Magnet, wenn nöthig von aussen aus seiner balancirenden Stellung gebracht werden. —

Kurve vom 9. August 1859 10 Uhr 21 Min. Vormittags bis 10. August 1859 10 Uhr 10 Min. Vormittags.

Kurve vom 10. August 1859 10 Uhr 13 Min. Vormittags bis 11. August 1859 10 Uhr 10 Min. Vormittags.

Fig. 239. Inklinationskurven oder Kurven der vertikalen Kraft.

Innerhalb der Glashüllen dieser Instrumente sind Thermometer angebracht, durch welche die Temperatur genau bestimmt werden kann.

An diesem Magnetographen ist der Lichtspalt horizontal (*d* Fig. 233), die halb-cylindrische Linse und der Cylinder vertikal. Der Brenner der Flamme ist doppelt so gross, als der der beiden anderen Magnetographen. Alle anderen Einrichtungen sind ganz dieselben wie bei dem vorigen. Die Entfernung zwischen Spalt und Linsen beträgt 17,6 Zoll, zwischen Linse und Spiegel 8,1 Zoll, zwischen Spiegel und Cylinder 6′.

### c. DER INTENSITÄTS-MAGNETOGRAPH.

Dieses Instrument ist in Fig. 240 dargestellt. Magnet, Spiegel und Linse sind in jeder Beziehung gleich denen des oben beschriebenen Deklinations - Magnetographen, und besteht seine Eigenthümlichkeit nur in der Art der Aufhängung des Magneten. Ein am Rande ausgehöhltes Rad von 0,3 Zoll im Durchmesser ist mit seiner Achse zwischen den Tragfäden so befestigt, dass die Ebene des Rades sich in der Längenrichtung des Magneten befindet.

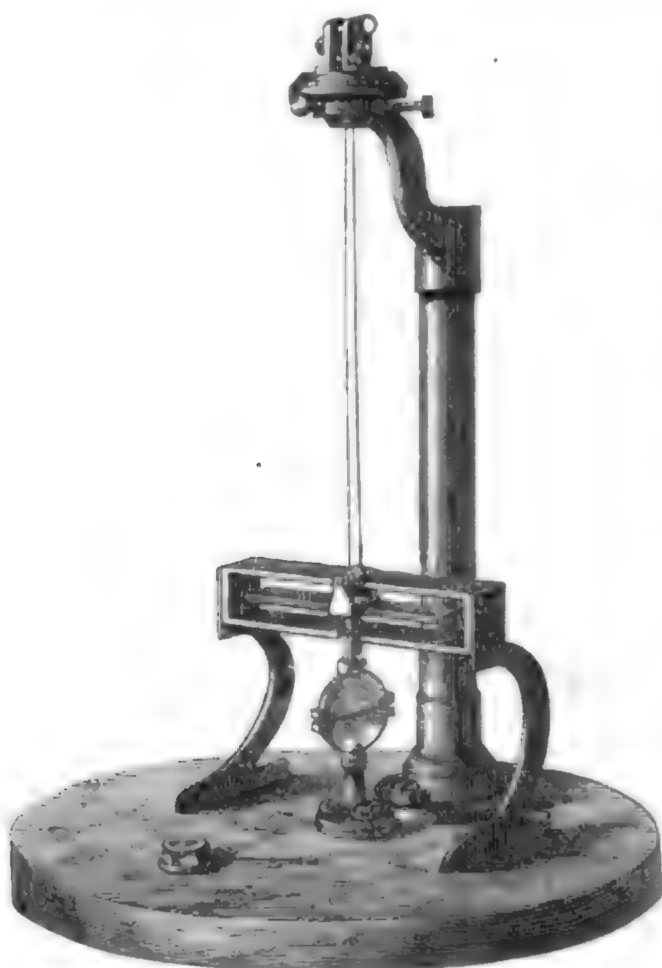


Fig. 240. Intensitäts-Magnetograph.

Die Aufhängefäden bestehen aus Stahldraht, welcher sich bekanntlich nur sehr wenig ausdehnt. Dieselben sind um das Rad gewunden, und beide Enden oben an der Aufhängerolle so befestigt (Fig. 229 S. 247), dass sie etwas oberhalb dieser Rolle in eine Schraube einmünden, welche, wenn sie nach rechts gedreht wird, den einen, wenn sie nach links gedreht wird, den andern Draht berührt. Es kann dadurch die Entfernung zwischen beiden Drähten so verändert werden, dass die Drähte dem Durchmesser des Rades entsprechend sich von einander entfernen und ihrer ganzen Länge nach aus einander stehen.

Angenommen, der Magnet befände sich in der Richtung des magnetischen Meridians. Nun drehen wir den Drehungszirkel so, dass der Magnet eine zum magnetischen Meridian rechtwinkelige Stellung einnimmt.

Um dieses zu erreichen, müssen wir den Drehungszirkel um einen Winkel drehen, der grösser als 90° ist, folglich wird die Ebene der Drähte oben verschieden von der Ebene der Drähte weiter unten sein. Die Differenz beträgt ungefähr 35° 56′. Der Aufhängefaden hat eine Länge von 11,6 Zoll. Wenn nun der Lichtstrahl in der Richtung *a e* (Fig. 232) auf den Spiegel fällt, so muss er auch hier in der Richtung *e f* auf das sensitive Papier weiter geworfen werden, und er wird seine Richtung ändern, je nachdem die magnetische Kraft sich bemüht, die 2 gedrehten Fäden wieder in die parallele Stellung zu bringen.

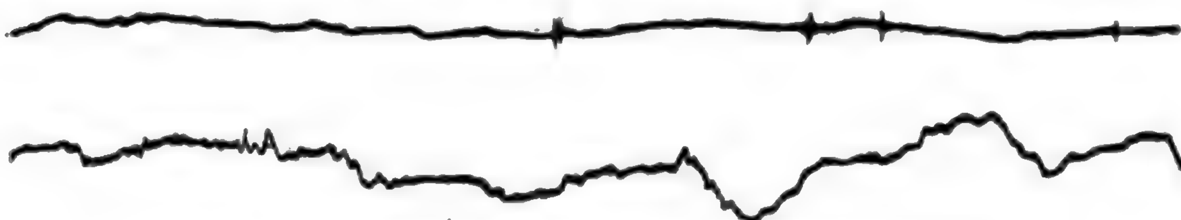


Fig. 241. Intensitätskurven, oder Kurven der horizontalen Kraft.

Oben: vom 9. August 1859, 10 Uhr 21 Min. Vorm. bis zum 10. August 1859, 10 Uhr 10 Min. Vorm.
Unten: vom 10. August 1859, 10 Uhr 13 Min. Vorm. bis zum 11. August 1859, 10 Uhr 10 Min. Vorm.

Die an die Beschreibung der einzelnen Instrumente sich anschliessenden Kurvenabbildungen (Figg. 236, 239 und 241) sind nach den photographischen Originalkurven, welche eine Länge von 18 Zoll haben, verkleinert.

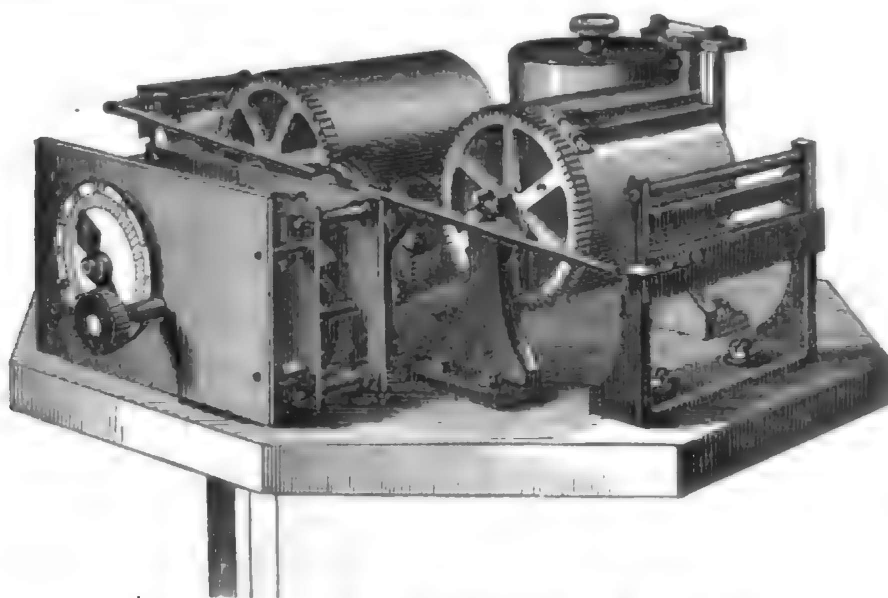


Fig. 242. Uhrwerk des Instrumentes mit 3 Walzen.

Figur 242 giebt eine genaue Darstellung des photographischen Uhrwerks; die drei Cylinder, von je $6\frac{1}{2}$ Zoll Länge und 6 Zoll Durchmesser, sind mit einer fein polirten Silberschicht bedeckt. Das Uhrwerk dreht durch übersetzende Räder die Cylinder in 24 Stunden

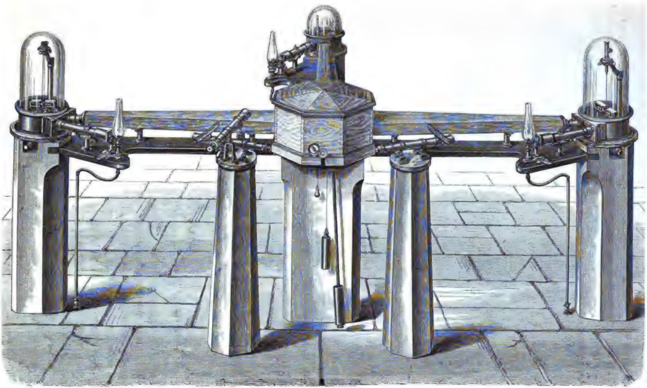


Fig. 243. Gesammtansicht der Magnetographen zu Kew.

Digitized by Google

einmal um ihre Achse. Der Cylinder für den Inklinations-Magnetographen steht senkrecht, während die beiden anderen wagerecht befestigt sind. Die verschiedene Lage derselben, sowie die entsprechende Befestigung des sensitiven Papieres, welches mittels silberner Querstangen festgeschraubt wird, finden in der verschiedenen Stellung der oben geschilderten Spiegel ihre Begründung.

Was den photographischen Prozess bei diesen Instrumenten anlangt, so wird ein geeignetes Papier von gleichmässiger Textur mit einer gemischten Lösung (1 Theil Jodkalium auf 30 Theile Wasser zu 1 Theil Bromkalium auf 22 Theile Wasser) bestrichen und getrocknet, dann im Silberbade (3 Theile salpetersaures Silberoxyd auf 30 Theile Wasser) sensibilisirt. Das Jodbrompapier hat einige Minuten auf dem Silberbade zu schwimmen und wird dann abermals zum Trockenen aufgehängt (vergl. unser ausführliches Kapitel IV über die photographische Technik). Das getrocknete Papier ist in der oben erwähnten Weise an die Cylinder zu befestigen; das Bild wird nach 24stündiger Wirkung mit einer konzentrirten Pyrogallussäurelösung hervorgerufen, gewaschen, mit unterschwefligsaurem Natron (1 : 4) fixirt, dann durch fleissiges Begiessen und 24stündiges Auswässern gereinigt.

Unsere Fig. 243, welche wir der Güte des Herrn Samuel Jeffery, Superintendent des Kew-Observatoriums, verdanken, giebt eine vorzügliche Gesammtansicht der betreffenden Einrichtungen. Wir sehen hier auf vier steinernen Säulen die Apparate aufgestellt: rechts vom Beschauer den Deklinationsmagneten, links den Intensitätsmagneten und im Hintergrunde in der Höhe den Inklinationsmagneten, in der Mitte befindet sich unter einem achteckigen Holzkasten das Uhrwerk und die photographische Einrichtung. Letztere steht durch gedeckte eckige Röhren mit den drei Magneten und deren Beleuchtungsvorrichtungen in Verbindung. Die im Vordergrunde stehenden zwei schmäleren Säulen tragen drei vorzügliche Fernrohre, welche zur direkten Beobachtung auf die drei Magnete gerichtet sind, um die photographischen Kurven mit den Ablesungen am Mikrometer vergleichen zu können. Die Abbildung ist von dem früheren Direktor des Kew-Observatoriums Mr. John Welsh gezeichnet; die Einrichtungen sind von Mr. R. Beckley konstruirt und stehen jetzt unter der kontrolirenden Direktion des Magnetbeobachters am Kew-Observatorium Mr. G. M. Mipple.

### 6. PHOTOGRAPHIE IN DEN MEERESTIEFEN.

Auch die Temperatur in den Tiefen des Meeres, sowie die Richtung der Meeresströmungen wird nach Angabe des Vorstandes des Hydro-

graphischen Bureaus in Berlin, Dr. Neumeyer's, mit Hülfe von photographischem Papiere bestimmt. In einer grossen verschlossenen Büchse von Kupfer befinden sich eine Magnetnadel, ein Thermometer und eine elektrische Batterie. Sowol dem Thermometer entlang, als auch rund um die Windrose der Magnetnadel läuft eine Geissler'sche mit Stickstoff gefüllte Glasröhre, welche beim Durchgang des elektrischen Stroms mit violettem Lichte leuchtet und dadurch eine äusserst kräftige photographische Wirksamkeit besitzt.

Hinter dem Thermometer, gegenüber der leuchtenden Röhre, befindet sich nun eine Rolle mit Lichtpauspapier. Dieses bräunt sich unter dem Einfluss des elektrischen Lichtes. Das Quecksilber des Thermometers lässt das Licht nicht durch, unmittelbar dahinter bleibt demnach das Papier weiss. Man ersieht also aus der Stelle, bis zu welcher das Papier geschwärzt ist, den Stand des Quecksilbers im Thermometer und berechnet daraus die Temperatur.

Den Stand der Magnetnadel erfährt man ebenso. Unter der Nadel liegt ein zweites Stück lichtempfindlichen Papiers und an der Nadel selbst befindet sich ein kleines Brennglas, welches das sich entwickelnde elektrische Licht auf das Papier konzentrirt, wodurch der Stand der Nadel photographisch markirt und die Nordrichtung derselben stets fixirt wird.

Der ganzen Büchse entlang ist ausserhalb ein fahnenartiger Ansatz, der ähnlich wie ein Steuer wirkt, befestigt, welcher veranlasst, dass die Büchse sich im Wasser immer der Stromrichtung parallel stellt. Da die Magnetnadel sich immer nach Norden dreht, so ist ihre Stellung zum Ansatzstück der Büchse in verschiedenen Lagen eine veränderliche; auf dem photographischen Papier ist die Richtung, in welcher der fahnenartige Ansatz an die Büchse befestigt ist, durch eine Linie bezeichnet. Wird nun der Apparat in das Meer versenkt, so giebt der photographirte Winkel, den die Magnetnadel mit jener Linie bildet, genau die Stromesrichtung, das theilweise geschwärzte Papier die Temperatur in den Meerestiefen an. Das Stickstofffunkenlicht, obgleich schwach für das Auge, wirkt doch so kräftig, dass schon nach 3 Minuten das Papier merklich gebräunt ist.

Ausserdem hat ein Mr. Bazin unter Wasser Photographien dargestellt, indem er mit Hülfe des elektrischen Lichtes den Meeresboden direkt beleuchtete. Sein photographisches Atelier bestand aus einem Kasten von starkem Eisenblech, der kreuzweise verankert war, und das Licht durch linsenförmige, wasserdichte Fenster einliess. Er konnte etwa zehn Minuten lang bequem in demselben verweilen. Mr. Bazin

hat in einer Tiefe von nahezu 100 Meter gearbeitet und scharfe, gut ausgeführte Photographien geliefert, die darauf berechnet waren, die Wiedererlangung versunkener Gegenstände zu ermöglichen.

### 7. PHOTOGRAPHISCHER FLUTENMESSER.

An vielen Küstenplätzen wird das Fallen und Steigen des Meeres bei Ebbe und Flut genau nach Ablesung des Pegels registrirt. Automatische Registrirungen durch einen selbstschreibenden Flutenmesser dagegen sind noch an den wenigsten Seeplätzen eingeführt, und doch sind derartige Notizen für die Schiffahrt von höchstem Werthe. Nur an einigen Nord- und Ostseehäfen, sowie besonders am Adriatischen Meere wird die veränderliche Meereshöhe durch selbstthätige Aufzeichnungsapparate notirt. Längs der ganzen Ostküste des Adriatischen Meeres sind nämlich Flutenmesser aufgestellt, welche mit Hülfe eines Zahnrades und eines Stiftes auf einem sich in 24 Stunden einmal um seine Achse drehenden Cylinder eine Flutkurve aufzeichnen.

Der in unserer Fig. 244 dargestellte Flutenmesser ist insoweit bekannten derartigen Apparaten gleichartig, als beide eines senkrecht stehenden Rohres bedürfen, welches mit dem Meere in kommunizirender Verbindung steht, sodass das Wasser im Rohre mit dem Meeresspiegel stets auf gleicher Höhe sich befindet. Unser Apparat besteht aus zwei Theilen, *A*, dem schon länger bekannten durch das Wasser sich bewegenden Radgetriebe und *B*, der photographischen Registrirungsvorrichtung. Ein Schwimmer *g* steigt und fällt mit dem Steigen und Fallen des Wassers. Ein um das Rad *A* geschlungenes getheertes Seil oder eine Kette *y b c* ist bei *y* an dem Schwimmer befestigt und trägt bei *x* ein Gewicht zum Ausgleiche der Eigenschwere des Schwimmers. Die Bewegung des Schwimmers wird auf das Rad *A* und von diesem mittels eines kleinen Zahnrades *z* auf eine horizontal in einer Führung auf Rollen laufende gezahnte Schiene *r s* übertragen. Mit dieser Schiene ist ein Stab *o g* fest verbunden. An diesem Stabe ist bei den bisher gebräuchlichen nach der Angabe von Dr. F. Schaub konstruirten Flutenmessern ein Zeichenstift *g* angebracht, während bei unserem Instrumente an dieser Stelle sich eine photographische Vorrichtung befindet (Fig. 244 *g*), welche mit der an dem Magnetographen angebrachten Beleuchtungsröhre (Fig. 233) identisch ist. Der Stab *o g* ist bei *g* mit einer Schiebevorrichtung *m n* (Jalousie) fest verbunden, welche in dem Masse mit dem Stabe sich hin- und herschiebt, als die Triebstange *r s* durch das Steigrad *A* bewegt wird. Die Beleuchtungsvorrichtung ist in der Gesammtansicht der Deutlichkeit halber weggelassen; man hat sich diese Vorrichtung bei *g* wagrecht gegen *m g n* befestigt zu denken.

Sie ist im Querschnitt in Figur 244 bei *G* abgebildet und besteht aus einer hellen Argandischen Gaslampe *f*, die durch Vermittelung des Reflektors *h* und des Kondensators *i* ihr Licht konzentrirt auf die Linse *l* wirft; der Brennpunkt der letzteren liegt dicht vor dem Ring *t*, welchen

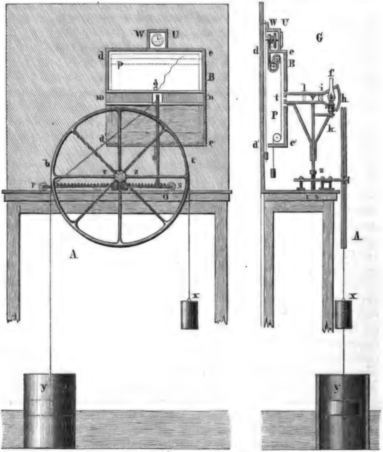


Fig. 244. Photographischer Flutenmesser.

man sich in der Hauptzeichnung bei *g* angenietet zu denken hat. Hinter dieser Beleuchtungseinrichtung befinden sich in einem Kasten zwei durch ein Uhrwerk *W U* getriebene Rollen *d*—*e* ,*d'*—*e'*, über welchen sich ein lichtempfindliches Papier *P* auf- und abwickelt. Auf diesem Papier erscheint das durch *i* und *l* von *f* kommende konzentrirte

Lichtstrahlenbündel als scharf konzentrirter Punkt. Wenn sich die Triebstange *r s* nicht bewegt, d. h. wenn das Wasser eine stationäre Höhe hat, so wird sich auf dem beweglichen Papiere, durch die Wirkung jenes Lichtpunktes, eine gerade Linie abbilden. Steigt oder fällt aber das Wasser, dann geht der Stab *g o* hin und her und mit ihm die ganze photographische Beleuchtungsvorrichtung *khl*. Es entsteht alsdann statt einer geraden Linie eine photographische Kurve, welche dem Steigen oder dem Fallen des Wassers entspricht. In unserer Zeichnung ist die obere Hälfte der Vorderfläche des in fünffach vergrösserten Verhältnissen gezeichneten Kastens *B* weggelassen, um die innere Befestigung des rollenden photographischen Papiers zu zeigen. Der Streifen *m n* ist ähnlich wie bei Schiebeläden (Jalousien) aus einer grösseren Anzahl kleiner auf Rollen laufender Bretchen zusammengesetzt, welche auf einen Lederstreifen aufgeleimt sind und eine sehr leichte Beweglichkeit gestatten. Dieses Breterlädchen zieht sich hinter dem lichtempfindlichen Papier herum und bildet einen geschlossenen Ring, der nur bei *g* durchbohrt ist, um an dieser einen Stelle das Licht durchzulassen. Die Dimensionen des ganzen Apparates können verhältnissmässig gering sein. Wenn das grosse Rad *A* z. B. 2 Meter im Durchmesser hat, so entspricht seine einmalige Umdrehung einer Steigung von 6,28 Metern. Ist das gezahnte kleine Rad *z* den fünfzigsten Theil so gross wie das Rad *A*, d. h. hat es 4 Centimeter im Durchmesser, so wird es in derselben Zeit den Stab *r s* um den 50sten Theil von 6,28 Metern verschieben, wenn also das Wasser um 6,28 Meter gestiegen ist, um ca. 12,5 Centimeter. Nehmen wir als höchste Steigung der Flut, abgesehen von Springfluten, 10—12½ Meter an, so würde eine Breite des photographischen Papiers von ca. 25 Centimetern zur Aufzeichnung der Flutkurven vollkommen hinreichen und sich die Höhe des Meeresspiegels zu jeder Zeit durch Multiplikation leicht ergeben. Die Zeiten des Steigens und Fallens sind ebenfalls durch Division der Kurve zu erhalten, sobald zu bestimmten Kontrolzeiten ein zu diesem Behufe angestellter Beamter den Kasten öffnet, eine Zeitbezeichnung vornimmt und die Kurvenhöhe mit der gewöhnlichen Pegelhöhe zu der betreffenden Stunde, die er auf der Uhr ablesen kann, vergleicht und aufschreibt. Der Vortheil der angegebenen Vorrichtung beruht nicht nur in der Sicherheit der reibungslosen Schreibweise, sondern besonders auch in dem Umstande, dass man den Apparat wochenlang arbeiten lassen kann, ohne an dessen Einrichtung Etwas zu ändern. Das photographische Papier kann in einer Länge von mehreren Metern aufgetragen und in bestimmten Zwischenräumen hervorgerufen werden.

---

## SIEBENTES KAPITEL.

## DIE ANWENDUNG DER PHOTOGRAPHIE AUF SPEKTRALANALYTISCHE UND PHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN.

---

Während die Chemie Eigenschaften und Veränderungen der Stoffe, aus welchen die Körper bestehen, ergründet, ist der Physik die Erforschung der Erscheinungen zugewiesen, welche die den Körpern innewohnenden Naturkräfte begleiten. Das Studium der Physik umfasst demnach die Ermittelung der Ursachen und der Gesetze, nach welchen jene Kräfte thätig sind, sowie die Kenntnissnahme der physikalischen Apparate und Instrumente, mittels deren der Physiker die Natur zu erforschen und die Naturerscheinungen nachzuahmen sucht.

Alle Aeusserungen der Kraft machen sich durch Ortsveränderungen geltend, sei es durch die Bewegung von Körpern oder Körpertheilen, sei es durch Umlagerung der kleinstgedachten Formelemente, der Moleküle. Die Statik und Dynamik — die Lehren vom Schalle — die Optik — die Wärme — die Elektrizität — der Magnetismus sind von dem Begriffe der Bewegung nicht trennbar. Alles beruht auf Kräften, welche eine lageverändernde Wirkung auf die Körperwelt ausüben.

Die Einflüsse jener bewegenden Kräfte können, theils in vorübergehender Form, theils in bleibender Gestalt dem Auge im Experimente versinnlicht und die bezüglichen Erscheinungen durch Zeichnung und graphische Darstellung mannichfacher Art dauernd bewahrt werden. Der Zeichner aber wird nur zu oft und zu leicht von einer subjektiven Auffassung beeinflusst und irre geleitet, wogegen uns durch die Anwendung der Photographie auch hier mannichfache Gelegenheit geboten ist, die im Bilde darzustellenden physikalischen Erscheinungen vollkommen naturgetreu und objektiv zu gewinnen.

Alles, was das Auge sehen kann, ist bei einer genügend chemisch wirksamen Beleuchtung photographisch darstellbar. Trotzdem liegt die physikalische Anwendung der Photographie noch sehr in der Kindheit

und nur für die Meteorologie wurde, wie gezeigt, Bedeutendes geleistet. Zur Förderung spektralanalytischer Studien begann man erst in den jüngsten Jahren, wie wir in dem folgenden Paragraphen sehen werden, die Lichtbildkunst heranzuziehen, während die übrigen physikalischen Fächer kaum einen einzigen Versuch in genannter Richtung aufzuweisen haben.

### 1. SPEKTRALANALYSE UND PHOTOGRAPHIE.

#### a. DIE SICHTBAREN THEILE DES SONNENSPEKTRUMS.

In dem Kapitel von den optischen und chemischen Wirkungen des Lichtes haben wir schon (S. 28 und S. 47) in Kürze dargelegt, dass ein Lichtstrahlenbündel, welches durch eine sehr enge Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer eingelassen wird und daselbst ein Prisma passirt, durch das letztere nicht nur abgelenkt, sondern auch in ungleich lichtstarke Farben, welche das sogenannte Sonnenspektrum bilden, zerlegt wird (Figur 245).

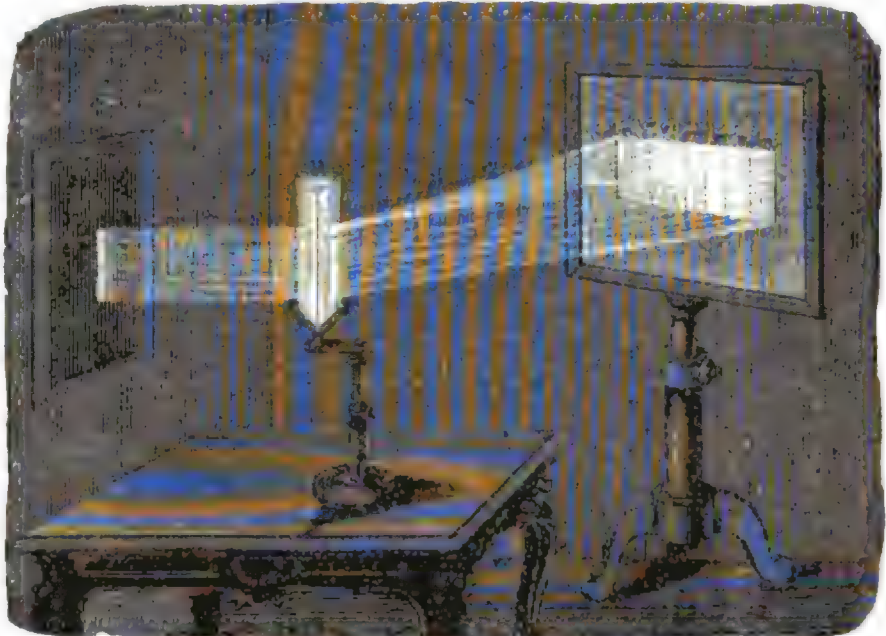


Fig. 245. Zerlegung des Sonnenlichtes durch das Prisma.

Diese Farben bestehen, abgesehen von den Mitteltönen an den einzelnen Farbengrenzen, bekanntlich aus Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett (Taf. VI. Fig. 1) und können durch eine cylindrische Sammellinse wieder zu weissem Lichte vereinigt werden.

Schon im Jahre 1675 hatte Isaak Newton die Möglichkeit der Wiedervereinigung der Spektralfarben beobachtet und in einer besonderen Abhandlung beschrieben, aus welcher die in Figur 246 dargestellte Originalabbildung entnommen ist. Durch eine kleine Oeffnung im Fensterladen liess er nämlich ein Strahlenbündel auf ein Prisma fallen; die durch das Prisma gebildeten Farbenstrahlen fing er auf einem weissen Schirm auf; einzelne derselben aber liess er durch den Schirm hindurchgehen und dieselben wieder ein Prisma passiren, um zu beweisen, dass solche durch dieses zweite Prisma nicht nochmals zerlegt werden.

Auf dieses Experiment stützt sich sein Lehrsatz: »Das prismatisch gebrochene Licht ändert seine Farbe nicht mehr.« (Nec variat lux fracta colorem.) Dass man die Gesammtheit der farbigen Strahlen durch ein solches zweites Prisma wieder zu Weiss vereinigen könne, bewies Newton, indem er den Prismen eine entgegengesetzte Stellung zu einander gab, und durch das zweite Prisma die ganze durch das erste Prisma gebildete Farbenreihe leitete; die alsdann auf einem weissen Schirme aufgefangenen Lichtstrahlen hatten sich wiederum zu weissem Lichte vereinigt.

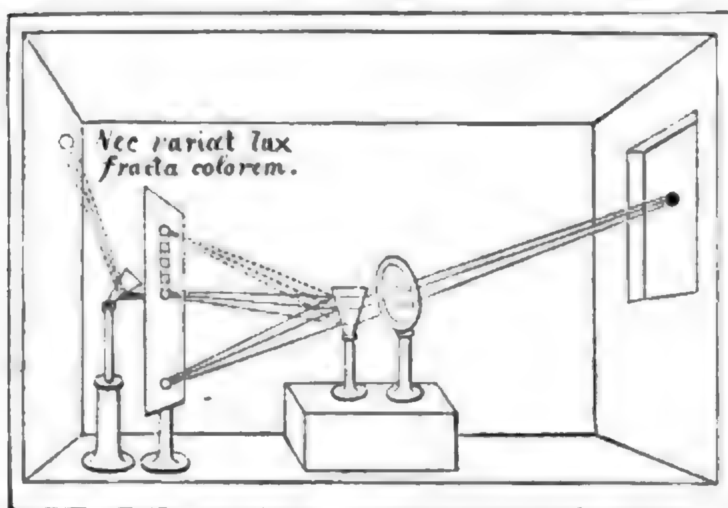



Fig. 246. Newton's Farbenspektrum.

Im Jahre 1802 machte Wollaston die Beobachtung, dass Lichtstrahlen, welche durch einen sehr engen Spalt in ein dunkeles Zimmer und dort durch ein Prisma geleitet wurden, nicht nur das farbige Sonnenspektrum bildeten, sondern dass auch das gesammte Farbenbild durch eine Anzahl damals noch unerklärter dunkler Linien unterbrochen werde. Im Jahre 1814 machte dann Fraunhofer analoge Beobachtungen; er zählte in dem kontinuirlichen Sonnenspektrum 576 derartige schwarze, linienförmige Unterbrechungen (vergl. Figur 61 S. 48). Um Genauigkeit in der Bezeichnung dieser Linien zu erzielen, hat er dieselben an acht Stellen mit besonderen Buchstaben benannt, weil Farben und Linien bei Prismen von gleichem Material immer in demselben Entfernungsverhältnisse von einander gefunden werden. Die Benennung hat Fraunhofer in der Weise vorgenommen, dass er die äusserste Linie in Roth (Fig. 247) *A*, die Uebergangslinie zwischen Hellroth und Dunkelroth *B*, diejenige zwischen Roth und Orange *C*, die Linie in Gelb *D*, diejenige zwischen Gelb und Grün *E*, die Linie zwischen Grün und Hellblau *F*, zwischen Hellblau und Dunkelblau *G*, zwischen Dunkelblau und Violett

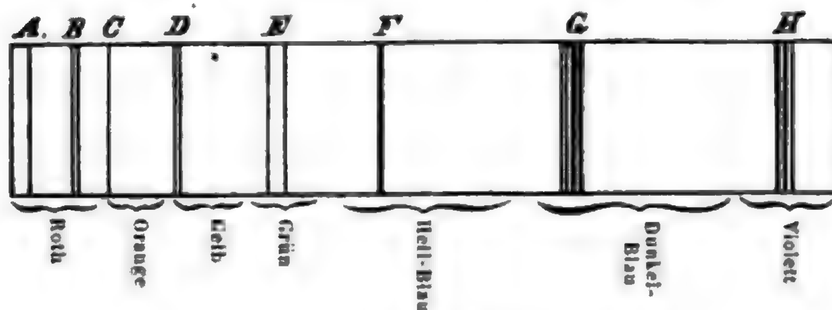



Fig. 247. Fraunhofer's Linienbezeichnung.

*H* bezeichnete. Dazwischenliegende, deutlich hervortretende Linien wurden mit den Buchstaben des kleinen Alphabetes bezeichnet, so z. B. eine Linie zwischen *A* und *B* mit *a*, eine solche zwischen *E* und *F* mit *b* u. s. w. Die vielen Hunderte solcher feinen Linien (Fig. 248), welche schon Frauenhofer beobachtete, und die Masse von neuen ähnlichen Strichen, welche in den jüngsten Jahren entdeckt worden sind — im Ganzen gegen Zweitausend — haben keine besondere Buchstaben-, sondern eine Zahlen-Bezeichnung erhalten.

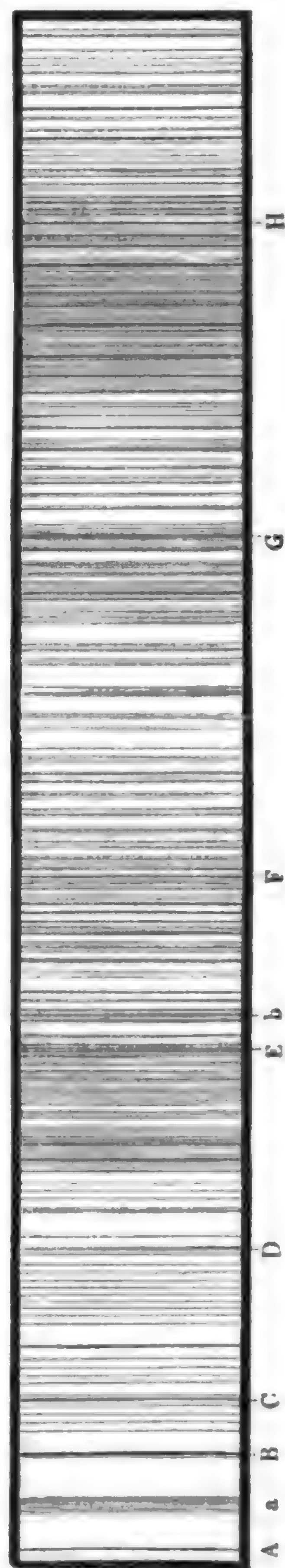


Fig. 248. Die feineren Frauenhofer'schen Linien.

Die Bedeutung der Frauenhofer'schen Linien hatte man bis zum Jahre 1859 nicht erkannt. Nachdem aber Bunsen und Kirchhoff der schon früher von einigen Beobachtern gefundenen Thatsache, dass viele Stoffe in glühend gasförmigem Zustande ein bestimmtes System von Streifen ausstrahlen, die Erklärung beigefügt hatten, dass jene Streifen ebenso charakteristisch für die Stoffe seien, wie alle anderen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Körper, wurden mit einem Male auch die in dem Sonnenspektrum sich findenden dunkeln Linien erklärlich. Diese deuten nämlich auf Stoffe, welche in der äussersten Schicht des Sonnenballes in gasförmig glühendem Zustande sich befinden. Die genannten Forscher haben den Satz aufgestellt, dass Gase oder Dämpfe alle diejenigen farbigen Strahlen absorbiren, d. h. nicht durchpassiren lassen, die sie selbst ausstrahlen können. Die Körper, welche unter rother Lichtentwicklung verbrennen, werden einen Dunstkreis um sich verbreiten, der kein rothes Licht durchlässt; die gelb verbrennenden Körper lassen kein gelbes, die grün verbrennenden kein grünes, die blau verbrennenden kein blaues und die violettfarbigen kein violettes Licht passiren.

Reibt man z. B. den Docht einer Spiritusflamme mit Kochsalz (Chlornatrium) ein, und betrachtet man alsdann die goldgelbe Natrium-

flamme mit einer Zusammensetzung prismatischer Gläser, welche das Licht in seine Spektralfarben zerlegen, so werden, bei Benutzung eines sehr guten Instruments, im Gelb des Spektrums zwei schärfer hervortretende gelbe Linien erscheinen, die Natriumlinien *D* (Fig. 249 I). Stellt man aber vor eine leuchtende Flamme eine mit Natriumdampf gefüllte Röhre, durch welche man nach der hellen Flamme hindurchblickt, so werden die vorher aus dem Gelb des Spektrums hervorleuchtenden Streifen ausgelöscht und zwei tiefschwarze Linien an ihre Stelle getreten sein (Fig. 249 II). Zu bemerken ist, dass bei schwächeren Beobachtungs-Instrumenten nur eine Natriumlinie (Tafel VI Fig. 3) sichtbar ist, welche erst bei starker Dispersion sich in zwei Linien auflöst. Analog verhält es sich mit allen anderen Stoffen. Man nennt dieses Experiment die Umkehrung des Natrium-Spektrums. Figur 250 zeigt in *L* eine leuchtende Flamme, welche durch den Spektralapparat *S*, der mehrere Prismen enthält, betrachtet wird. Denken wir uns das Zwischengestell, *N*, weg, in welchem sich durch Vermittelung der Heizvorrichtung *G* Natriumdämpfe entwickeln, so wird sich in dem Spektrum des Lampenlichtes die gelbe Natriumlinie *D* sofort erkennen lassen.

Fig. 249. Umkehrung der Natriumlinien.

Fig. 250. Apparat zur Untersuchung der Natriumlinien.

Wird aber zwischen Spektroskop und Lichtquelle die Röhre *N*, welche etwas Natrium enthält, geschoben, dann unter derselben geheizt, damit Natriumdämpfe sich in der Röhre entwickeln und wird die Lichtquelle durch diese Dämpfe hindurch mittels des Spektroskops betrachtet, so ist genau an derselben Stelle, wo sich soeben die gelbe Natriumlinie

zeigte, eine schwarze Linie, d. h. eine Lücke in der Lichterscheinung, die Absorptionslinie des Natriumdampfes, zu finden. In Figur 251 sehen wir dasselbe Experiment auf einem Schirm in objektivem Bilde dargestellt. Wenn ein zwischen zwei mit Kochsalzlösung getränkten Kohlenspitzen hervorgerufenes elektrisches Licht durch die Spaltvorrichtung *E* auf einen Schirm geworfen wird, so erzeugt sich durch Vermittelung des Prisma *P* ein kontinuirliches Farbenspektrum mit der gelben Natriumlinie. Stellt man aber zwischen das Prisma und die elektrische Lampe *E* eine Heizvorrichtung *G*, mittels welcher man ein Körnchen in einem Löffelchen *l* befindlichen Natriums verdampfen lässt und geht dann das elektrische Licht durch diese Natriumdämpfe hindurch, so wird auf dem Schirm im Spektrum *r v* eine schwarze Linie erscheinen, welche die durch den Natriumdampf bedingte Absorptionslinie *D* darstellt. Die in der Zeichnung sichtbare Linse *L* dient zur Konzentration der Strahlen, der Schirm *S* zur Abhaltung des hellen Seitenlichtes von der Projektionswand.

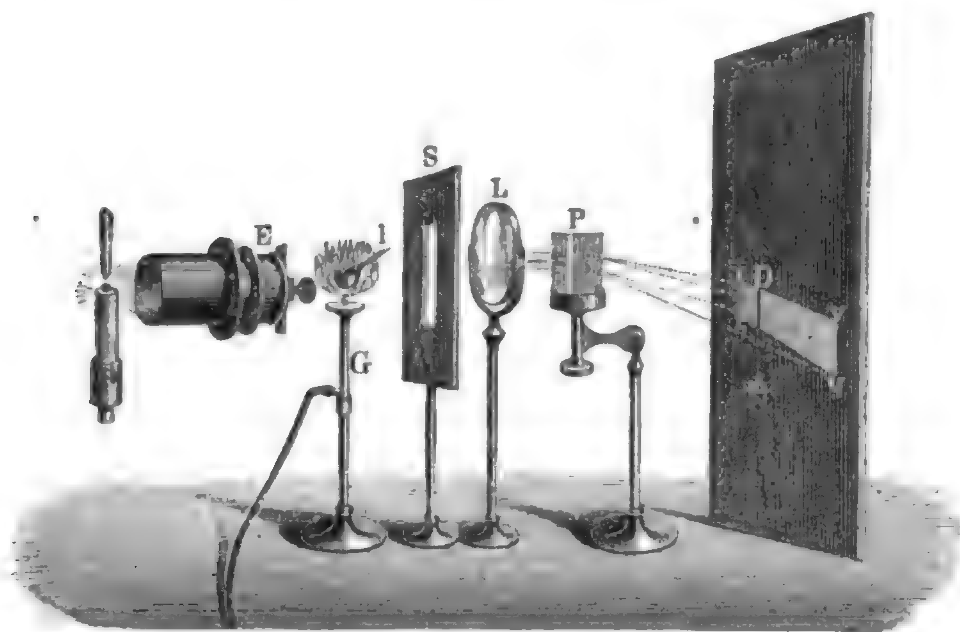



Fig. 251. Objektive Darstellung der Natriumlinien (nach Schellen).

Eine zu spektralanalytischen Versuchen sehr brauchbare, von J. W. Albert in Frankfurt a. M. angefertigte elektrische Lampe, welche sich auch zu photographischen Zwecken vorzüglich eignet, ist in Figur 252 dargestellt. Dieselbe besteht aus dem von Dubosq konstruirten Regulator für das elektrische Licht (vergl. S. 73) und ist von einem Gehäuse aus Eisenblech umgeben, welches an seiner vorderen Seite eine Oeffnung besitzt; in diese kann man sowol die zu Spektralversuchen nöthige, im oberen Theil der Figur besonders abgebildete Spaltvorrichtung (vergl. Figur 256 S. 275), als auch eine mit kleineren Oeffnungen

versehene Scheibe einfügen. Die Lichtstrahlen werden von einem im Innern des Blechkastens angebrachten Hohlspiegel auf den vor dem Apparat stehenden weissen Schirm geworfen, nachdem sie, gemäss der auszuführenden Spektraldarstellung, durch verschiedenartige, auf einem Gestelle befindliche Prismen in ihre Spektralfarben zerlegt worden sind. Die in unserer Figur abgebildeten dreiseitigen Flaschen stellen hohle prismatisch geformte Glasgefässe dar, welche stark lichtbrechende

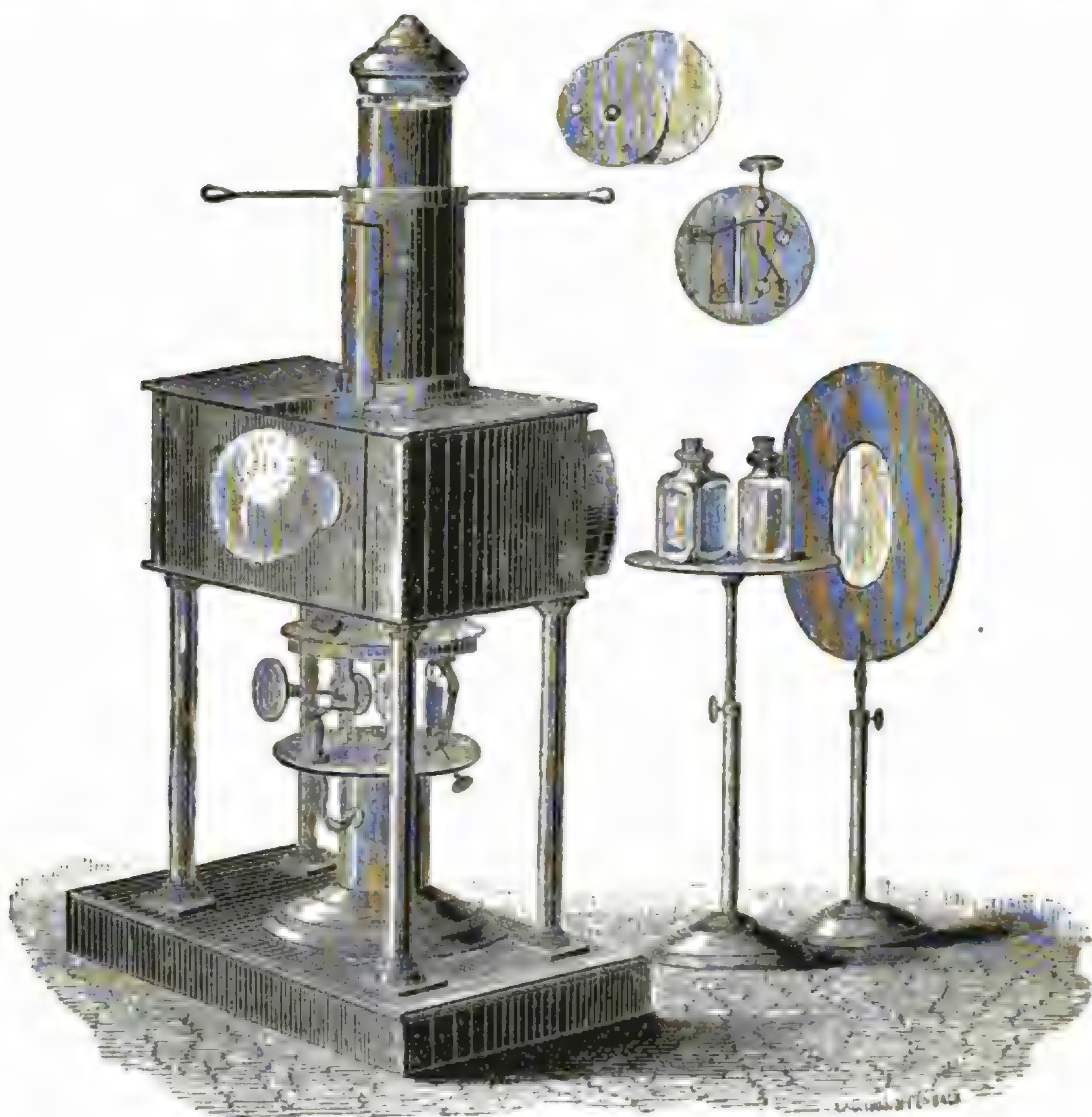


Fig. 252. Dubosq'sche elektrische Lampe zu Spektralversuchen.

Flüssigkeiten, z. B. Schwefelkohlenstoff, enthalten. Durch ein mit derartigen Substanzen gefülltes Prisma erhält man ein sehr breites Spektralbild, welches durch ein zweites in einem Winkel von 90 bis 100 Graden angeschobenes Schwefelkohlenstoff- oder Flintglasprisma noch mehr in die Länge gezogen werden kann.

Um verschiedene Körper zu spektralanalytischen Untersuchungen in Dämpfe zu verwandeln, dient am besten ein gut gekühlter Glasballon

(Figur 253), welcher, zwischen zwei Spiegelplatten befestigt, eine seitliche Oeffnung besitzt, um die zu verdampfenden Stoffe einlegen zu können. Die Spektren der Dämpfe und der glühenden Gase selbst sind nicht kontinuirlich, d. h. sie zeigen in den meisten Fällen keine kontinuirlichen Spektralfarben, sondern sie bestehen nur aus einer Reihe von glänzenden farbigen Linien, welche durch breite lichtlose, d. h. schwarze Räume von einander getrennt sind. Wird dagegen Sonnenlicht oder überhaupt diffuses Tageslicht durch ein Prisma zerlegt, so erscheint, wie schon mehrfach erwähnt, die Reihe der Farben, welche das Spektrum bilden, von jenen dunkeln Linien durchzogen. Nach Kirchhoff's Annahme besteht die Sonnenkugel aus einer feurigflüssigen Masse, welche die verschiedenartigsten Farbenstrahlen aussendet. Alle Strahlen zusammen bringen den Eindruck von Weiss auf unser Auge hervor. Ueber diese in fortwährender Glut befindlichen Massen legt sich jene Umhüllung leuchtender Gase, die wir (Kapitel 5) als Photosphäre kennen gelernt haben und durch welche die Strahlen der in der Sonne brennenden Stoffe hindurchgehen müssen. Hier aber werden sie, analog den oben geschilderten experimentalen Verbrennungen, nicht durchgelassen, sie werden absorbirt und rufen alsdann im Sonnenspektrum jene grosse Zahl von scharf markirten Linien hervor, welche gleichsam als Spalten fehlenden Lichtes zu betrachten sind. Unsere Figur 254 zeigt die aus Schellen's Spektralanalyse entnommene von Kirchhoff und Bunsen im Vergleich mit den dunkeln Linien des Sonnenspektrums aufgestellte Spektraltafel irdischer Stoffe. In der oberen Reihe finden sich die schwarzen Spektral-Linien des Sonnenlichtes verzeichnet, welchen die verschiedenen Linien der Spektra irdischer Stoffe entsprechen. Der mit Nummer 1 bezeichnete Streifen deutet das Spektrum des Kaliums an, Nummer 2 des Natriums, 3 des Lithiums, 4 des Strontiums, 5 des Calciums, 6 des Bariums, 7 des Rubidiums, 8 des Cäsiums, 9 des Thalliums und 10 des Indiums. (Vergl. S. 278 und unsere Spektraltafel Taf. VI.)

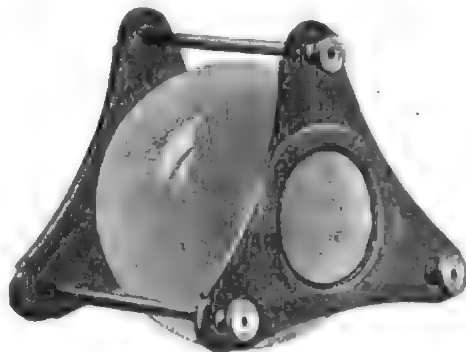


Fig. 253. Ballon zur Entwicklung glühender Gase.

Bei dem Studium und der Vergleichung der Frauenhofer'schen Linien haben Bunsen und Kirchhoff oft eine grosse Anzahl von dunkeln Linien für einen und denselben Körper, welche mit den streifig-farbigen Erscheinungen des betreffenden irdischen Stoffes zusammenfielen, konstatiren können. So ergab der glühende Eisendampf schon bei den ersten Untersuchungen 70 glänzende Linien von verschiedener Farbe,

welche in Bezug auf ihre Breite und ihre Intensität ganz genau mit ca. 70 dunkeln Linien im Sonnenspektrum zusammenfielen, sodass die Annahme gesichert erschien, dass in der Photosphäre der Sonne glühend

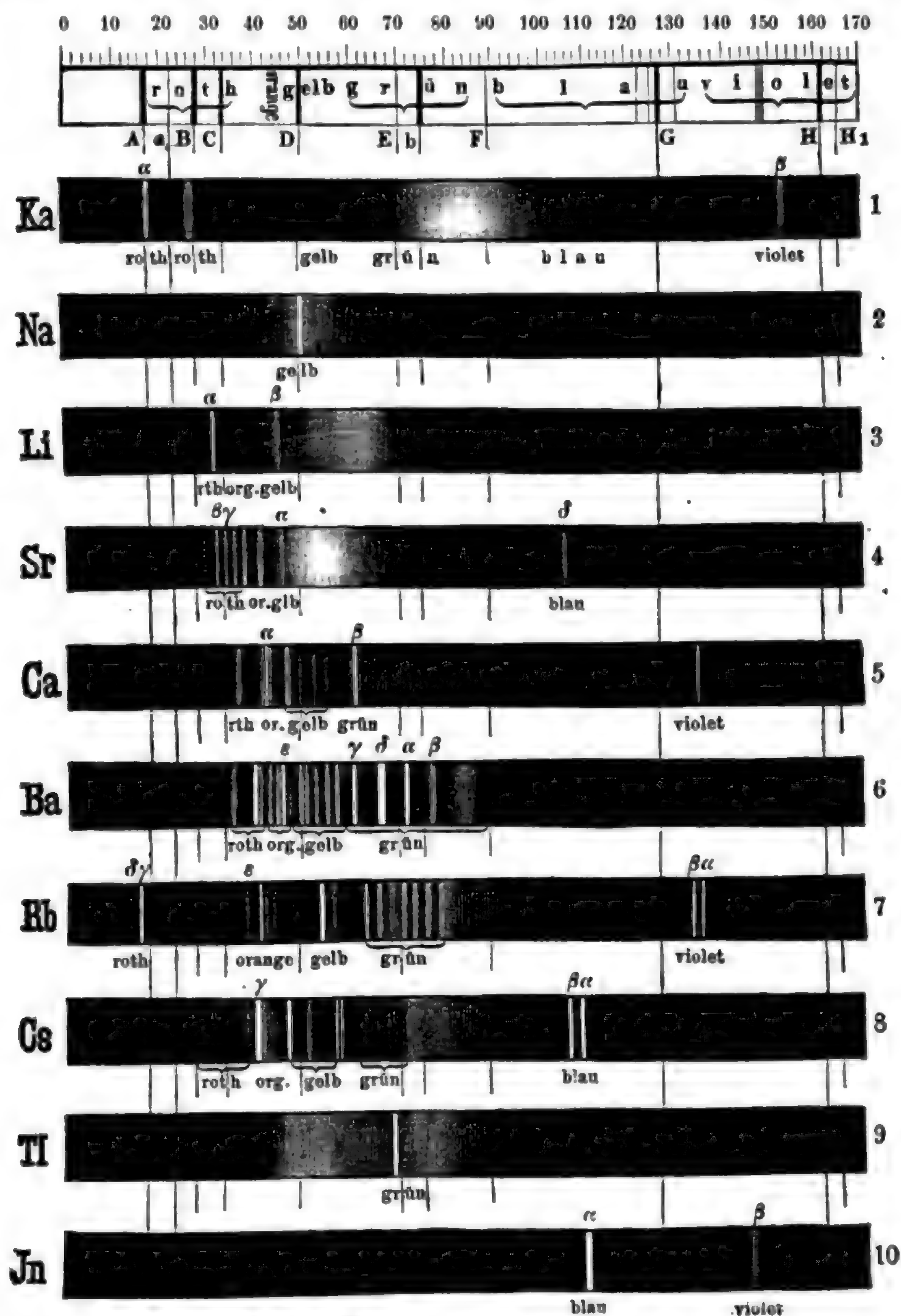



Fig. 254. Kirchhoff-Bunsen'sche Spektraltafel.

heisse Eisendämpfe sind, mithin sich auf der Sonne selbst glühendes Eisen befinden muss. Später wurden durch genauere Beobachtungen

und Messungen ca. 470 Eisenlinien entdeckt. Dieselben Gelehrten haben vermittels der Spektralanalyse noch sieben einfache Körper auf der Sonne gefunden, den Wasserstoff, das Kupfer, das Zink, das Chrom, den Nickel, das Magnesium, das Barium, das Calcium und das Natrium. Im Verlauf der Forschungen ergab sich, dass in der Photosphäre der Sonne noch folgende Elemente vorkommen: Strontium, Kadmium, Kobalt, Mangan, Aluminium und Titan. Dagegen fehlen vollständig oder kommen nur in sehr geringer Menge daselbst vor: Gold, Silber, Quecksilber, Rubidium, Cäsium, Kalium, Blei, Antimon, Arsen, Lithium, Silicium, Beryllium, Cer, Lanthan, Didym, Ruthenium, Iridium, Palladium, Platin und Thallium.

Ein weiterer Erfolg, welchen die Spektralanalyse aufzuweisen hat, beruht in dem chemischen Nachweis der Substanzen, welche auf einigen anderen Himmelskörpern vorhanden sind. Man hat gefunden, welche Stoffe in der Photosphäre der Fixsterne im verbrennenden Zustande sich in glühende Gase verwandeln; man hat die Natur der Nebelflecke durch das Spektroskop als gasförmige Materien kennen gelernt, und daraus in Uebereinstimmung mit der von Laplace aufgestellten Hypothese, den Schluss gezogen, dass unser gesammtes Sonnensystem in frühester Zeit ein riesenhaftes Nebelmeer gewesen sein dürfte. Durch Kondensation wären dann später die Sonne, die Planeten und die Trabanten, sowie auch die Fixsterne, die Kometen und die übrigen Sterngebilde entstanden, von denen einige heute noch in jenem glühend-gasförmig-nebelhaften Urzustande sich befinden, aus welchem alle übrigen Weltkörper hervorgegangen zu sein scheinen, andere schon einen höheren Grad der Vollkommenheit erreicht haben. Auch das Nordlicht und die übrigen leuchtenden Phänomene am Himmelsgewölbe sind mit Hülfe der Spektralanalyse auf ihre Bestandtheile geprüft und analysirt worden. Durch die bezüglichen Untersuchungen haben sich Huggins und Lockyer in England, Pater Secchi in Rom und Professor Zöllner in Leipzig einen unvergesslichen Namen in der Geschichte der Wissenschaften gesichert. So hat insbesondere Huggins durch die Spektralanalyse nachgewiesen, welche Stoffe auf der Oberfläche der grösseren Sterne sich befinden; auf dem Aldebaran im Sternbilde des Stieres z. B. hat dieser Forscher neun auch auf der Erde vorkommende Körper mit Sicherheit gezeigt, den Wasserstoff, das Natrium, das Magnesium, das Calcium, das Eisen, das Wismuth, das Tellur, das Antimon und das Quecksilber. Der Stern $\alpha$ des Orion liess dieselben Stoffe mit Ausnahme des Wasserstoffs und des Quecksilbers erkennen. Aus der Aehnlichkeit des Spektrums der Fixsterne, besonders des Sirius mit dem der Sonne (vgl. Tafel VI, Fig. 1 und 2), ist zur Evidenz

nachgewiesen, dass die Fixsterne fast gerade so wie die Sonne beschaffen, also Sonnen sind, die ebenfalls eine aus glühenden Gasen bestehende photosphärische Umhüllung besitzen.

Es giebt bekanntlich eine grosse Anzahl von Fixsternen, welche sich durch charakteristisch glänzende Farben auszeichnen; in manchen Sternbildern erscheinen exquisit rothe, gelbe, blaue und grüne Sterne. Die Spektralanalyse hat gefunden, dass die Farben dieser Sterne auf Absorptionserscheinungen ihrer Photosphäre beruhen. Die Photosphäre des einen Fixsternes verschluckt vorzugsweise die rothen, die Lichthülle eines anderen die grünen und blauen Strahlen des betreffenden Sternspektrums, lässt aber z. B. nur die gelben Strahlen durch und ebenso verhält es sich mit anderen Farben der genannten Himmelskörper, sodass infolge der Absorption nur bestimmte Lichteffekte zu unserem Auge gelangen.

Die Spektren des Mondes und der Planeten sind dem Spektrum der Sonne analog, da sie sich weder in brennendem Zustand befinden noch eigenes Licht ausstrahlen, sondern nur das von der Sonne entliehene Licht wiedergeben. Trotz der hierdurch entstehenden Analogie wurden Unterschiede in der Zahl der Spektrallinien einiger Planeten, z. B. des Jupiter, des Saturn, des Uranus gefunden, welche von der Absorption mancher aus dem reflektirten Sonnenlicht stammender heller Stellen herrühren, indem letztere von der Atmosphäre jener Gestirne verschluckt werden.

### b. DIE SPEKTRALANALYSE.

Um mit Leichtigkeit sich zu überzeugen, ob ein Körper, welcher mit dem Spektralapparate untersucht werden soll, wirklich das chemische Element enthält, welches man in ihm vermuthet, ist es des Vergleichs wegen nöthig, zwei Flammen zu gleicher Zeit beobachten zu können. In der einen Flamme *F* (Fig. 255) wird der zu untersuchende Stoff zur Verbrennung gebracht, während man in die andere Flamme *f* nach und nach verschiedene Stoffe bringt, die dem Untersucher bekannt sind, bis man mit einem Blick entscheidet, ob die im Apparate sich bildenden Linien in beiden Spektren genau übereinstimmen.

Fast alle Spektralapparate bestehen aus einem mit feinem Spalt und Glaslinse versehenen Lichtzuleitungsrohre, einem oder mehreren Prismen und einem Fernrohre zur Beobachtung der Spektrallinien. Das Fernrohr hat wegen der Ablenkung der Lichtstrahlen gewöhnlich eine andere Richtung als der gegen die Lichtquelle gerichtete Tubus. In Figur 255 ist *P* das zerlegende Prisma, während sich in *B* das zur Beobachtung dienende Fernrohr befindet und von *A* das Licht nach dem Prisma gelangt.

Bei *F* ist der Spalt angebracht, welchen man nach Wunsch durch eine Stellschraube (Fig. 256) weiter und enger machen kann. An dem Spalt *mn* ist ein kleines Prisma *ab* befestigt, welches ein zweites Spektrum im Spektroskop erzeugt, um die oben angedeutete Vergleichsmethode in Ausführung zu bringen.

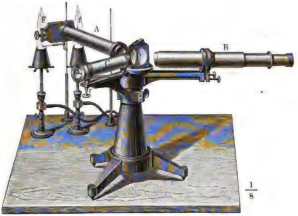


Fig. 255. Spektroskop für chemische Untersuchungen.

An dem Spektroskop (Fig. 255) ist noch eine Röhre mit Millimeterskala, deren Spiegelbild an der Prismenfläche *P* mit den Linien des Spektrums durch das Fernrohr in das Auge des Beobachters gelangt; um die Spektrallinien nach den numerirten Linien der Skala zählen und ihre Lage genau bestimmen zu können, ist in *r* eine Stellschraube für die Bewegung des Mikrometers angebracht. Auch die Röhre *C* ist mit einem durch zwei Stanniolblättchen gebildeten Spalte *S* versehen, welcher die Richtung des Spaltes an der Röhre *A* rechtwinklig kreuzt. Vor den Spalt *S* wird eine kleine Gasflamme zur Beleuchtung der Millimeterskala gestellt.

Fig. 256. Spaltvorrichtung am Spektralapparate mit dem Vergleichsprisma.

Man hat ausserdem in den jüngsten Jahren kleine Spektralapparate, sogenannte Taschenspektroskope, konstruirt, welche für mannichfache Untersuchungen, besonders aber zu photographischen Zwecken, sehr geeignet sind. In dem ausziehbaren kleinen Rohr *abc* (Figur 257) befindet sich das Linsensystem eines Miniaturfernrohrs, durch welches



Digitized by Google

man das Licht einer Flamme oder das Tageslicht, welches durch eine Kombination von 3 und bei komplizirteren Apparaten von 5 Prismen (*f*) in seine Spektralfarben zerlegt wird, betrachtet. In dem vorderen gegen die Lichtquelle gerichteten Theile des Apparates befindet sich ein feiner, von zwei Stahlplättchen gebildeter Spalt *c*, der mittels eines Schraubenringes *d* eng und weit gestellt werden kann. Je enger und feiner der Spalt regulirt wird, desto exakter treten die Farbengrenzen auf und desto feiner bilden sich die Frauenhofer'schen Linien ab. Hinter dem Spalt ist eine Linse *e* eingefügt, welche die von der Lichtquelle kommenden Strahlen durch die in *f* befindlichen, aus verschiedenartigem Glase gearbeiteten fünf Prismen leitet. Die Lichtstrahlen werden nämlich von verschiedenen Glassorten verschieden abgelenkt. So erscheint z. B. ein Flintglasspektrum mehr in die Länge gezogen, als das Spektrum eines Crownglasprisma, und dieses wiederum länger, als das Spektrum, welches durch ein mit Wasser gefülltes dünnwandiges

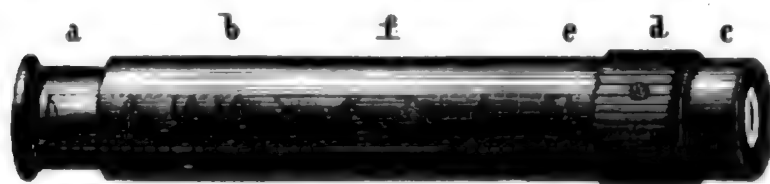



Fig. 257. Taschenspektroskop.

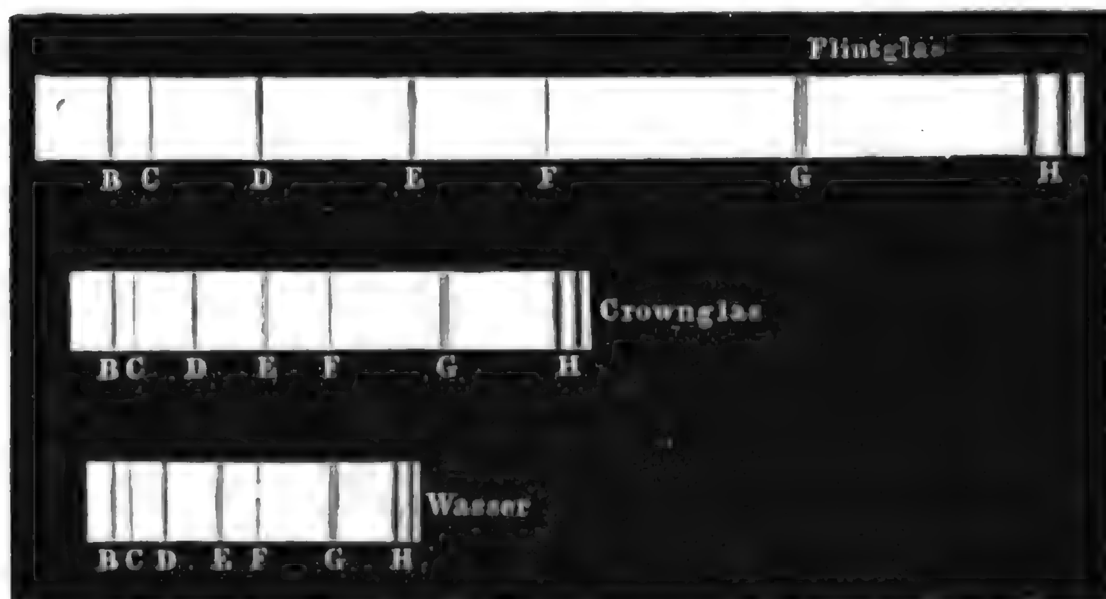



Fig. 258. Länge des Spektrums bei verschiedenen Medien.

Glasprisma erhalten wird (Fig. 258). Wenn man nun Flintglasprismen nach bestimmten Gesetzen mit Crownglasprismen (Fig. 259) vereinigt, so werden die zerstreuten Strahlen in der Einfallsrichtung, von *E* nach *F*, weiter gehen und ein Spektrum erzeugen, das in der Richtung der einfallenden Strahlen das Spektroskop wieder verlässt. Auf diesen Gesetzen beruht der in Figur 257 in natürlicher Grösse abgebildete Apparat. Man nimmt denselben wie ein Fernrohr zur Hand und stellt

durch Ein- und Ausschieben der vergrössernden Linsenkombination das Bild des Spektrums ein, bis die Fraunhofer'schen Linien deutlich erscheinen. Oftmals beobachtet man eine grosse Anzahl schwarzer Linien, welche die Fraunhofer'schen Linien in rechtem Winkel schneiden; diese werden durch Unebenheiten des Spaltes oder von Staubtheilen verursacht, welche sich auf die Spaltränder festgesetzt haben. Feinheit der Spaltgrenzen und stete Reinhaltung derselben ist deshalb eine unerlässliche Bedingung für ein exaktes Spektralbild.

Fig. 259. Geradsichtiges Prismensystem.

Mit dem in Figur 260 abgebildeten Spektralapparate haben Kirchhoff und Bunsen ihre ersten grossen Entdeckungen gemacht. Die Lichtquelle *a* entstammt einem »Bunsen'schen Brenner«; mittels des Platindrahtes *b* werden die zu untersuchenden Stoffe in die Flammen gebracht.

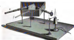


Fig. 260. Das Kirchhoff-Bunsen'sche Spektroskop.

Die Strahlen der glühenden Stoffe dringen durch den Spalt *c* in das Prisma *d* ein, werden hier zerlegt und das Spektrum derselben durch das Fernrohr *e* betrachtet. Bei *f* ist ein Hebel zur Drehung des Prisma angebracht. Durch die Oeffnungen (*i*) des Brenners (Fig. 261) tritt zu dem bei *a* brennenden Leuchtgas atmosphärische Luft, welche sich mit ersterem mengt, wodurch bekanntlich ein sehr hoher Hitzgrad erzeugt wird. In Figur 262 ist der untere Theil dieses Brenners besonders

abgebildet, um die Stelle, wo sich das Leuchtgas mit der atmosphärischen Luft mengt, zu veranschaulichen.

Aus einer Lösung von Natrium-, Kalium-, Lithium-, Barium-, Strontium- und Calcium-Salzen hat Bunsen einen Minimaltheil herausgenommen und diesen so stark verdünnt, dass höchstens von jedem der genannten Körper der hunderttausendste Theil eines Milligramms vorhanden war. Bunsen untersuchte diese Mischung mit dem in Figur 260 abgebildeten Spektroskop und sah vor Allem darin die gelben Natriumlinien (Tafel VI, Fig. 3 u. Fig. 254: 2, S. 272) aufblitzen. Während des Verdunstens der oben genannten Lösung traten schwache Linien, welche das Kalium (Fig. 254: 4, S. 272) andeuteten, auf, neben welchen die rothe Linie des Lithiums (Fig. 254: 3), die grünen Linien des Bariums (Fig. 254: 6), sowie die Linien des Calciums (Fig. 254: 5) und des Strontiums (Tafel VI, 4) erschienen. Es charakterisirten sich auf diese Weise bei späteren Untersuchungen nicht nur alle bekannten chemischen Elemente, sondern es wurden sogar in den jüngsten Jahren durch die Spektralanalyse Stoffe entdeckt, die früher vollkommen unbekannt waren. Besonders die Empfindlichkeit der Spektralanalyse für das Natrium ist so gross, dass, wenn man am Ende eines grossen Saales eine Spur pulverisirten Kochsalzes in die Luft bläst, am anderen Ende für den Beobachter die Natriumlinie (Tafel VI, Fig. 3) in einem dort aufgestellten Spektroskop sofort auffallend klarer erscheint. Mit Hülfe der erwähnten Methode sind in den jüngsten Jahren vier neue Metalle entdeckt worden, gleich bei Erfindung der Spektralanalyse durch Bunsen und Kirchhoff selbst — das Cäsium und das Rubidium, später von Crookes in England das Thallium und endlich von Reich und Richter das Indium. Das Cäsium hat seinen Namen von den blauen Linien, welche es im Spektrum erzeugt (Tafel VI, Fig. 5; Fig. 254: 8). Das Rubidium ist durch rothe Linien (Tafel VI, Fig. 6; Fig. 254: 7), das Thallium durch eine grüne (Fig. 254: 9) und das Indium durch

Fig. 261. Bunsen'scher Brenner.

Fig. 262. Unterer Theil des Bunsen'schen Brenners.

eine blaue zwischen dem Indigo und Violett des Spektrums befindliche Linie (Fig. 254 : 10) charakterisirt. Die farbigen Linien aller erwähnten Stoffe können auf ähnliche Weise, wie die Natriumlinien, wenn man die betreffenden Strahlen durch bestimmte Medien leitet (vergl. Fig. 250 S. 268), in dunkle Absorptionslinien verwandelt werden.

Jedoch nicht nur in gasförmigem Zustande befindliche Stoffe, sondern auch eine grosse Anzahl flüssiger und fester Körper haben, indem sie gewisse Strahlen zurückhalten, d. h. absorbiren, ein eigenthümliches Verhalten gegen das weisse Licht. Hierdurch entstehen in einem derartigen Spektrum dunkle Lücken, Absorptionslinien und Absorptionsstreifen, aus welchen man auf die Natur der Flüssigkeit

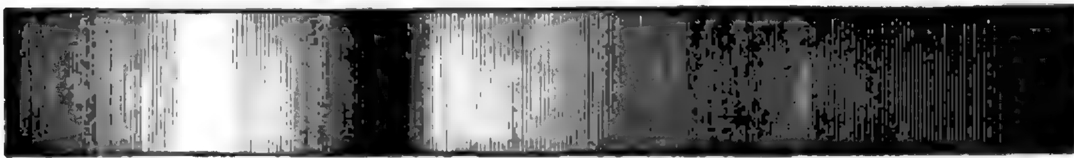


Fig. 263. Absorptionsspektrum des Fuchsins.

schliessen kann, welche bei dem Durchgang des Lichtes die Verdunkelungen im Spektrum verursacht. Sowol thierische und pflanzliche Flüssigkeiten als auch Lösungen verschiedenfarbiger und farbloser Metallsalze besitzen ein solches Absorptionsvermögen. In Figur 11 auf Tafel VI haben wir als Beispiel für linienförmige Absorption das Jodspektrum dargestellt. In Figur 263 sehen wir einen Absorptionsstreifen,

Fig. 264. Absorptionsspektrum des Blutes.

welcher entsteht, wenn man Tageslicht durch eine Fuchsinlösung hindurchtreten lässt, und Figur 264 zeigt einen doppelten Absorptionsstreifen, welcher durch das Hindurchtreten des Lichtes durch eine mit Blut gemischte Flüssigkeit entsteht. Durch die Spektralanalyse ist es sogar möglich, die verschiedenen Oxydationsstufen des Blutes sichtbar zu machen. In Figur 265 erscheint das Spektrum des Blutes in der ersten Reihe mit zwei dunkeln Bändern, welche dem oxydirten Blutfarbestoff entsprechen, in der zweiten Reihe erscheint dagegen nur *ein* Streifen, welcher desoxydirtes Blut anzeigt. Unter Nummer 3 und 4 sind die Spektren des Hämatin, eines Bestandtheiles des Blutfarbestoffes, zu sehen. Vergiftetes Blut, z. B. solches, das Kohlenoxydgas oder Blausäure

aufgenommen hat, giebt in allen Fällen charakteristische Absorptionsbänder, so dass die Spektralanalyse schon heute für die gerichtliche Medizin von schätzenswerthem Vortheile geworden ist. Auch in der technischen Chemie hat sie eine bedeutende Anwendung gefunden, indem selbst die geringsten Spuren einer Fälschung mit einem guten Spektroskop in vielen Fällen nachgewiesen werden können.

Eine weitere recht interessante Benutzung fand die Spektralanalyse in der Technologie bei der Bereitung des Bessemerstahls. Das genannte Metall, welches von dem Engländer Bessemer dargestellt wurde, unterscheidet sich von Gussstahl und anderen Stahlsorten dadurch, dass es weniger Kohlenstoff enthält, wodurch sich die Güte des Materials erhöht. Der Weg, kohlenstoffarmen Stahl zu erhalten, besteht darin, dass durch geschmolzenes Gusseisen ein Luftstrom geblasen und auf diese Weise durch Zuführung von Sauerstoff der überschüssige Kohlenstoff verbrannt wird. Das flüssige Gusseisen wird in ein grosses birnförmiges, bauchiges Hohlgefäss gebracht, dessen Inneres mit feuerfestem Thon ausgekleidet ist und welches sich zwischen zwei Zapfen dreht.

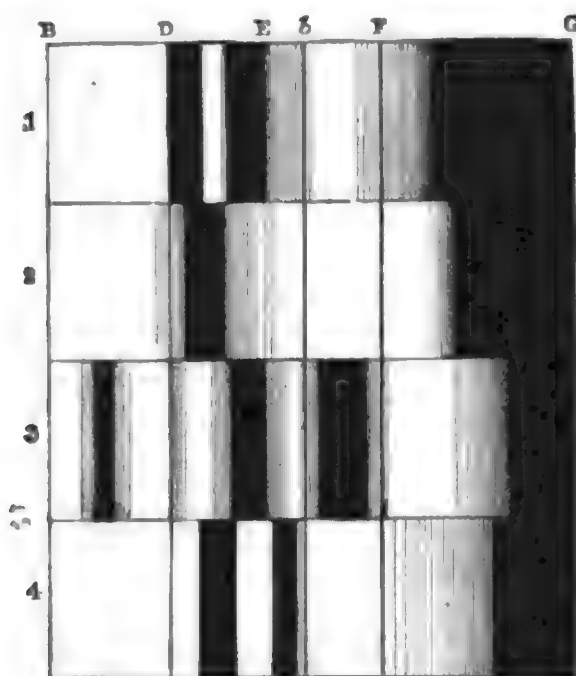


Fig. 265. Absorptionsstreifen verschiedener Blutsorten (nach Roscoe).

In das Innere der Birne münden eine Anzahl von Röhrchen, welche nach unten und aussen zapfenförmig herausstehen, um mit einem Luftgebläse in Verbindung gebracht zu werden. Ist die Birne mit einer bestimmten Quantität geschmolzenen Roheisens gefüllt, so setzt man die Zapfen mit dem Gebläse in Verbindung, damit die Masse unter Mitwirkung des eindringenden Windes in lebhafte Wallungen gerathe. Der Sauerstoff der eindringenden Luft verbindet sich nun mit dem Kohlenstoff des glühend-flüssigen Eisens, sowie mit anderen nutzlosen Stoffen, welche verbrennen und in Form einer prächtigen, von der Luft getriebenen Feuergarbe den Birnenapparat verlassen.

Bei dieser Prozedur, welche wir in Figur 266 abgebildet haben, ist es von der grössten Wichtigkeit, genau den Zeitpunkt zu treffen, wann die Umwandlung in Stahl beendigt ist, indem ein zu langes Durchblasen der Luft die geschmolzene Eisenmasse so zähe macht, dass sie nicht mehr ausgegossen werden kann.

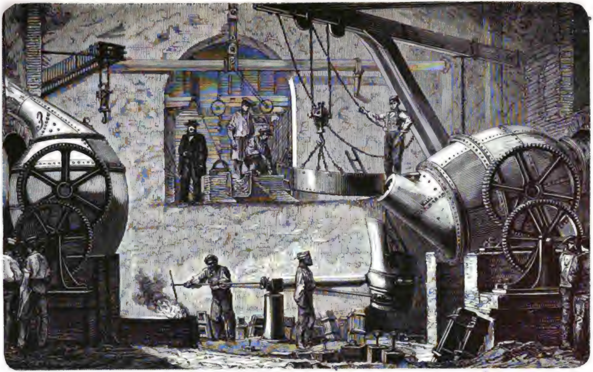


Fig. 266. Die Birnenapparate für die Bessemerstahlbereitung.

Digitized by Google

Bemisst man aber die Zeit des Durchblasens zu kurz, so bleibt zu viel Kohlenstoff zurück, der Stahl lässt sich nicht hämmern und verliert mithin die wichtigste seiner Eigenschaften. Im Hintergrunde auf unserer Abbildung befindet sich ein Beamter, welcher die Zeit der Stahlbereitung an der die eiserne Birne verlassenden Feuergarbe kontrolirt und das Zeichen zum Abstellen der Luft und zum Abgiessen der Masse zu geben hat. Die Birne links ist im Momente der Lufteinblasung, die Birne rechts im Momente des Ausgiessens der Masse dargestellt. Ist der beobachtende Aufseher sehr geübt, so kann der Anblick der Flamme allein ihn auf den richtigen Zeitpunkt der Unterbrechung des Lufteinblasens aufmerksam machen. Doch diese Uebung ist nur schwer zu erlangen. Einfacher ist die Anwendung der Spektralanalyse, in welcher das Mittel gefunden wurde, mit mathematischer Genauigkeit den gesuchten Moment zu bestimmen. Das Spektrum der Bessemer-Flamme zeigt nämlich in verschiedenen Verbrennungsmomenten verschiedene helle Linien und dunkle Absorptionsbänder. Es lassen sich durch das Spektroskop in der Flamme Kohlenstoff, Natrium, Kalium, Lithium, Eisen, Wasserstoff und Stickstoff nachweisen. Während des Brennens und Durchblasens der Luft tritt ein Augenblick ein, in welchem die Kohlenstofflinien plötzlich aus dem Spektrum verschwinden. Dies ist der Moment, wo zur Erzielung eines in jeder Beziehung brauchbaren, leicht zu hämmernden Stahles der Durchtritt der Luft abgestellt werden muss.

Der kontrolirende Aufseher hat sich mit einem guten Taschenspektroskop, wie solche in vorzüglicher Güte und zu mässigen Preisen von dem bekannten Optiker W. Steg zu Homburg im Taunus angefertigt werden, zu versehen, und es wird ihm dann ein Leichtes sein, den Zeitpunkt für die Herstellung eines vorzüglichen Produktes zu bestimmen.

### c. HELLIGKEIT UND WÄRME IM SONNENSPEKTRUM.

Wir haben seither nur von den für das Auge sichtbaren Erscheinungen des Spektrums eingehender gesprochen. Es vereinigen sich jedoch in dem Sonnenspektrum, wie wir in unserem dritten Kapitel schon einleitend bemerkt haben, nicht nur optische Erscheinungen, sondern es charakterisiren sich die einzelnen Theile desselben noch durch chemische und Wärmewirkungen. Das Maximum der Lichtwirkung findet sich im Sonnenspektrum zwischen den Linien *D* und *E* auf der Grenze des Gelb und Orange. Nehmen wir für die grösste Helligkeit an dieser Stelle die Zahl 100 an, so ergeben sich für die übrigen Stellen folgende Grade der Helligkeit:

| | | |
|---|---|---|
| Vor *A* am Ende des Roth | = | 0,00 |
| in *B* beträgt die Helligkeit | = | 3,20 |
| „ *C* „ „ „ | = | 4,40 |
| „ *D* „ „ „ | = | 65,00 |
| zwischen *D* und *E* „ „ „ | = | 100,00 |
| in *E* „ „ „ | = | 48,00 |
| „ *F* „ „ „ | = | 47,00 |
| „ *G* „ „ „ | = | 3,00 |
| „ *H* „ „ „ | = | 0,57 |
| nach *H* am Ende des Violett | = | 0,00 |

In einem anderen Verhältnisse nimmt die Vertheilung der Wärmeintensität im Spektrum zu und ab. Durch eine Reihe von Experimenten hat John Herschel gefunden, dass die Wärmewirkung vom äussersten Violett bis zum äussersten Roth des Spektrums allmählich zunehme. Weiter hat derselbe die merkwürdige Beobachtung gemacht, dass das Thermometer jenseit des rothen Endes, woselbst keine Lichtwirkung mehr beobachtet werden kann, noch weiter in die Höhe ging. Er zog daraus den Schluss, dass im Sonnenlichte unsichtbare Strahlen vorhanden seien, welche wol eine Wärmewirkung hervorbringen, aber noch eine geringere Brechbarkeit als die rothen Strahlen besitzen. Andere Untersuchungen mit dem Thermometer haben ergeben, dass die violette Farbe des Sonnenspektrums den geringsten Wärmegrad zeigt, im Blau dagegen die thermoelektrische Säule einen höheren Wärmegrad aufweist, während weit über die Grenzen des Roth hinaus, noch um die Länge des ganzen sichtbaren Sonnenspektrums, eine höchst bedeutende Wärmeentwicklung stattfindet, die den schon erwähnten Schluss auf die unsichtbaren Wärmestrahlen veranlasst hat (vgl. S. 47 ff. und S. 289).

### d. DIE CHEMISCHEN WIRKUNGEN DER SPEKTRALFARBEN UND DIE PHOTOGRAPHIE DES SONNENSPEKTRUMS.

Am wichtigsten und interessantesten für unseren Zweck ist die Wirkung der chemischen Strahlen des Spektrums. Schon lange vor der Erfindung der Photographie hat Scheele, wie in unserem historischen Theile schon angedeutet, die Beobachtung gemacht, dass Chlorsilber durch das violette Ende rascher und intensiver sich färbt, als unter der Einwirkung aller anderen Farben. Im Jahre 1801 hat Ritter gefunden, dass die Silbersalze auch jenseit des Violett des Sonnenspektrums in ganz kurzer Zeit sich dunkel färben. Er folgerte daraus, dass sich in dem Sonnenspektrum zweierlei Arten von unsichtbaren Strahlen finden, eine an Stelle des Roth, von der wir schon gesprochen haben, mit Wärmewirkung, die andere jenseit des Violett mit chemischer Wirkung.

Ferner hat Ritter gezeigt, dass phosphorescirende Stoffe jenseit des sichtbaren Roth Licht ausstrahlen, während jenseit des Violett das Phosphoresciren sofort aufhört. Dieselben Vorgänge hat Wollaston beobachtet und zuerst die differenten Wirkungen der leuchtenden, wärmenden und dunkeln chemischen Strahlen in exaktester Weise bestimmt.

Die chemischen Einflüsse des Sonnenspektrums beginnen nach den neuesten Untersuchungen schon im Roth, während man bisher als Wirkungsgrenze die Linie Gelb in *D* bezeichnete; sie erstrecken sich über das ganze Spektrum, und sind im Blau und im Violett am intensivsten. Das violette und das unsichtbare ultraviolette Licht spielen daher auch in der Photographie die Hauptrolle; Letzteres hat noch eine besondere Bedeutung für fluorescirende Stoffe, vornehmlich für Chininlösung (vergl. S. 142).

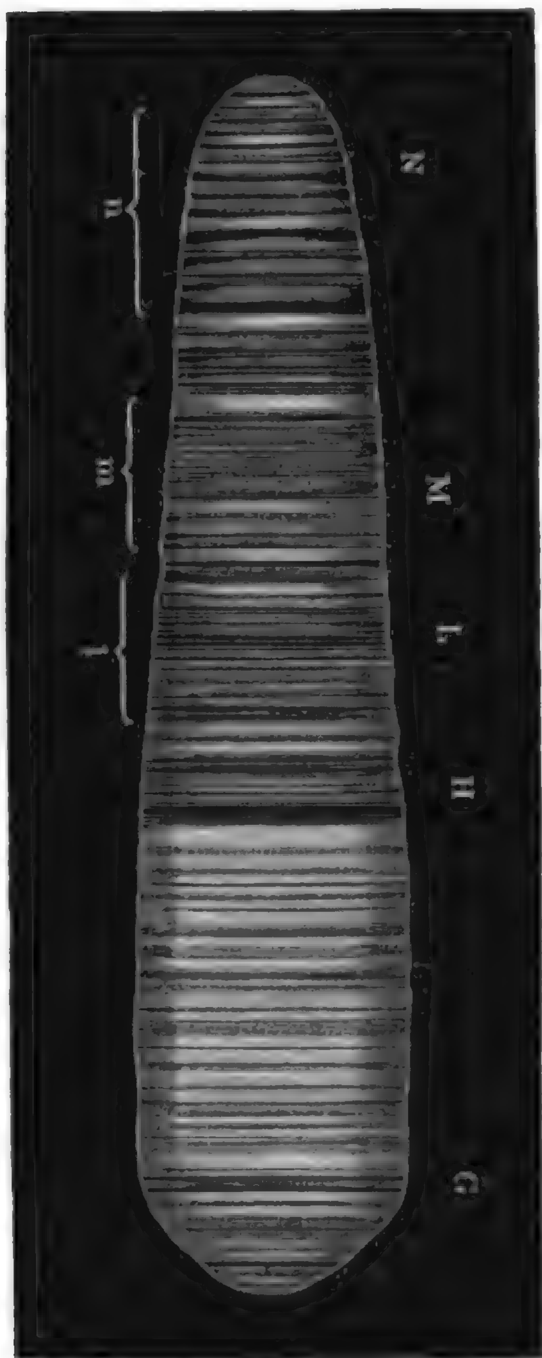


Fig. 267. Ultravioletter Theil des unsichtbaren Spektrums (nach Stokes).

Wenn man nämlich mit dieser Flüssigkeit auf weisses Papier schreibt, so sind die Schriftzüge, selbst bei der hellsten Sonnenbeleuchtung, unsichtbar. Zerlegt man aber das Sonnenlicht in seine Spektralfarben und blendet durch einen dunkeln Schirm die letzteren bis über die Grenze des sichtbaren Violettes ab, lässt aber das überviolette unsichtbare Ende des Spektrums auf die Chininschrift fallen, so wird dieselbe sofort sichtbar und leuchtet in lavendelgrauer Farbe. Wird eine derartige Chininschrift bei Tageslicht in gewöhnlicher Weise photographisch aufgenommen, so wirken die Schriftzüge, obgleich unsichtbar, chemisch auf die empfindliche Platte ein und es entsteht eine deutliche Abbildung der Chininstriche.

Diese chemisch wirkenden, ultravioletten Strahlen können durch ein Quarzprisma in Form eines ausgedehnten Spektrums abgelenkt und photographisch aufgezeichnet werden. Stokes war der Erste, welcher bei Gelegenheit seiner Untersuchungen über Fluorescenz die Frauenhofer'schen Linien des ultravioletten Spektralendes beschrieben hat. Figur 267 ist nach einer Photographie wiedergegeben, welche den Eindruck des unsichtbaren, aber chemisch so kräftig wirkenden Lichtes bis über die Linie *N* hinaus darstellt. In dem photographirten Spektrum, das wir auf Tafel V Figur 4 reproduzirt, haben die chemisch wirksamen Strahlen noch viel weiter gehende Eindrücke, bis zum Buchstaben *R*, zurückgelassen. —

Die Spektralanalyse wurde bei dem wissenschaftlichen Studium der Photographie mit besonderem Erfolg dazu benutzt, die Wirkung des Lichtes auf Silbersalze und andere lichtempfindliche Substanzen einer eingehenden Beobachtung zu unterziehen. Spezielle Studien wurden früher von Becquerel, dann im Laufe der jüngsten Jahre von Monkhoven in Gent, Draper und Rutherfurd in New-York, Schulz-Sellack in Cordoba in Südamerika, Stokes und William Crookes in London und ganz besonders in neuester Zeit von Vogel in Berlin angestellt.

Der Apparat, welchen Monkhoven benutzte, ist in Figur 268 abgebildet. In dem Fensterladen eines verdunkelten Zimmers ist eine Kupferplatte mit beweglichem Spalt angebracht, durch welchen die Sonnenstrahlen mit Hülfe eines versilberten Planspiegels eintreten. Gegenüber diesem Spalt ist ein Prisma vertikal aufgestellt, welches sich leicht um seine Axe drehen lässt und so gerichtet werden muss, dass dem durch dasselbe entwickelten Spektrum kein weisses Licht beigemengt sein kann. Mit einem photographischen Apparat wird durch ein Doppelobjektiv das Spektrum aufgefangen und auf der matten Scheibe der Camera eingestellt, so dass die Frauenhofer'schen Linien deutlich sichtbar werden. Das Prisma muss dem Objektiv sehr nahe gerückt sein und zerstreutes Nebenlicht durch einen schwarzen Carton abgehalten werden. Um ein möglichst reines Spektrum zu erhalten, ist die Anwendung von zwei hinter einander aufgestellten Prismen anzurathen. Statt eines Prisma von Flintglas wendet Monkhoven mit Erfolg ein solches von Quarz an, da dieses die wenigsten Strahlen absorbirt und das damit erhaltene Sonnenspektrum für die Untersuchung des Einflusses farbiger Strahlen auf präparirte lichtempfindliche Platten sehr geeignet ist. Monkhoven fand die Wirkung des Spektrums auf verschiedene Silbersalze vom Orange bis weit über das sichtbare Spektrum hinaus; das Maximum der Intensität liegt nach seinen Untersuchungen im Indigo und Violett. Die dunkeln Frauenhofer'schen Linien durchsetzen das

photographische Spektrum bis in die unsichtbaren Stellen des Ultraviolett. Die Wirkung auf Jodsilberplatten, wie solche in der Daguerreotypie verwendet werden, geht vom Blau bis in das Ultraviolett, während im Orange, Gelb und Grün keine Wirkungen sichtbar sind. Lässt man aber die Spektralfarben bei sehr kurzer Belichtung auf Daguerreotypplatten wirken, und entwickelt mit Quecksilberdämpfen oder mit Pyrogallussäure, so zeigt sich im äussersten Roth eine rosige Färbung, im Gelb und Grün gar keine, dagegen im Blau, Indigo, Violett und weiter eine sehr bedeutende Einwirkung.

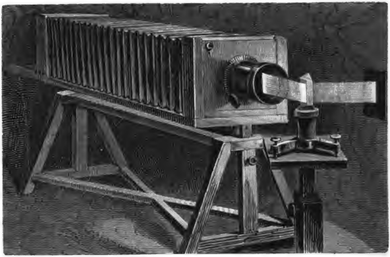


Fig. 268. Monkhoven's Apparat zur Photographie des Sonnenspektrums.

Wenn man die empfindliche Jodsilberschicht vor der Einwirkung des Sonnenspektrums zerstreutem Lichte ausgesetzt hat, so wirken die farbigen Strahlen im Roth, Orange und Gelb auf eine merkwürdige Weise nach und vollenden die Wirkungen des diffusen Tageslichtes. Es giebt demnach chemisch erregende Strahlen von *F* bis *P* und chemisch fortwirkende Strahlen von *F* bis *A* (vgl. Tafel VI, Fig. 1). Nach Monkhoven erstreckt sich die Wirkung auf eine Jodsilber-Kollodiumschicht fast bis Grün. Das Bromsilber dagegen ist weit lichtempfindlicher, als das Jodsilber. Das Maximum seiner Wirkung geht fast bis zum Gelb, während bei dem Chlorsilber das Maximum im Blau liegt und sich im Roth, Gelb und Grün gar keine Veränderung zeigt. Am umfangreichsten macht sich der Einfluss der Spektralfarben auf Fluorsilber

Digitized by Google

geltend, indem eine mit diesem Silbersalze präparirte Platte nach Monkhoven bis zur Grenze des Orange empfindlich ist (Fig. 269).

Ganz entgegengesetzte Resultate hat Draper in New-York erhalten. Nach seinen Anschauungen ist die chemische Kraft im Spektrum auf alle Farben vertheilt, und die seitherige Ansicht von der Vertheilung der aktinischen Kraft auf die verschiedenen Spektralfarben nur von dem Verhalten einiger Silberverbindungen abhängig gewesen, denn nur die Silbersalze scheinen unter gewissen Umständen von den weniger brechbaren Strahlen nicht affizirt zu werden. Nach Draper hat jeder Theil des Spektrums die Kraft, Veränderungen in chemischen Verbindungen zu veranlassen; er hat die beweisenden Experimente sowol mit Silberverbindungen, als auch mit anderen lichtempfindlichen Stoffen vorgenommen, und ausserdem die chemische Spektralkraft an Pflanzenfarben, sowie an Gasmischungen, erforscht. Die entsprechenden Resultate sind nach seinen Publikationen die folgenden:

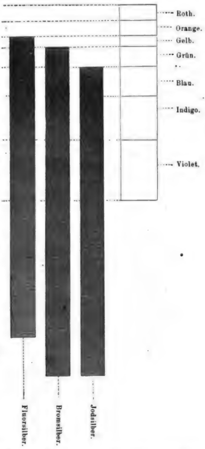


Fig. 269. Wirkung der Spektralfarben auf Silbersalze (nach Monkhoven).

»I. *Verhalten der Silberverbindungen*: Jeder Strahl wirkt auf Jodsilber. Die mehr brechbaren Strahlen befördern offenbar die Wirkung des Tageslichtes auf diese Substanz; die weniger brechbaren halten sie scheinbar auf. Für diese aufhaltende, antagonistische Wirkung ist es nicht nothwendig, dass die weniger brechbaren Strahlen gleichzeitig einwirken; sie können auch nach einiger Zeit zur Thätigkeit gelangen. Die Wirkung beruht somit nicht auf einer Interferenz verschiedener

Digitized by Google

Schwingungsperioden, sondern die Massentheilchen des sich verändernden Jodsilbers werden affizirt.

»II. *Verhalten der Asphalte und Harze*: Von diesen Substanzen werden gewisse Theile durch Alkohol, Aether und verschiedene flüchtige Oele aufgelöst. Wird von einer solchen Lösung eine dünne Schicht auf ein Glas ausgebreitet und Theile der Oberfläche dem Lichte exponirt, so werden die exponirten Theile unlöslich. Die Bilder können durch obige Lösungsmittel entwickelt werden. Die Substanz, die Draper benutzte, war westindisches Erdpech in Benzin gelöst; zum Entwickeln nahm er eine Mischung von Benzin und Alkohol. Die Asphaltlösung wurde in einem dunkeln Zimmer auf eine Glasplatte gegossen, wie bei der Kollodiumbereitung abgetropft, und hinterliess eine so dünne Haut, dass sie irisirte. Diese wurde 5 Minuten lang dem Spektrum exponirt und entwickelt. Der Anfang der Wirkung zeigte sich nun unterhalb der Linie *A*, ihr Ende jenseits *H*. Jeder Strahl des Spektrums wirkte; das Bild war kontinuirlich mit Ausnahme der Stellen, an denen die Frauenhofer'schen Linien liegen.

»Ein besserer Beweis dafür, dass die chemische Wirkung nicht auf die höheren Strahlen beschränkt, vielmehr allen eigenthümlich ist, kann kaum beigebracht werden.

»III. *Verhalten der Kohlensäure*: Die Zerlegung der Kohlensäure durch die Pflanzen unter dem Einflusse des Sonnenlichtes ist zweifellos die wichtigste aller chemischen Lichtwirkungen . . Draper hat zuerst diese Zerlegung im Sonnenspektrum gezeigt. Die Resultate, welche er zu jener Zeit erhielt, nämlich, dass die Zerlegung der Kohlensäure durch die weniger brechbaren Strahlen veranlasst wird, wurden von allen späteren Forschern bestätigt.

»IV. *Die Farben der Blumen*: Die Erzeugung und Vernichtung der Pflanzenfarben durch die Wirkung des Lichtes war bereits lange Gegenstand täglicher Beobachtung. Aber nur wenig ist in der genaueren Prüfung der Thatsachen geschehen, und dieses Wenige ist zum grössten Theile von Herschel geleistet worden. Man braucht nur seine Abhandlung in den »Philosophical Transactions« (1842) zu lesen, um sich zu überzeugen, dass fast alle Strahlen Wirkungen hervorbringen können. So wird z. B. der gelbe Fleck, den die Corchorus japonica auf einem Stück Papier zurücklässt, gebleicht durch grüne, blaue, indigo und violette Strahlen. Das Rosenroth der Levkoje wird in ähnlicher Weise verändert durch die gelben, orange und rothen Strahlen. Die durch kohlensaures Natron grün gewordene blaue Farbe der Viola odorata wird durch dieselbe Gruppe von Strahlen gebleicht. Das Grün des Fliederblattes wird sogar durch das äusserste Roth verändert.

V. *Die Verbindung von Chlor und Wasserstoff*: Draper hat nachgewiesen, dass dieses Gasgemisch von jedem Strahl des Spektrums affizirt wird, jedoch von verschiedenen in verschiedener Stärke. Das Maximum liegt im Indigo, die Wirkung ist hier 700mal so gross als im äussersten Roth.

VI. *Das Biegen der Pflanzenstämme im Spektrum*: Die tägliche Erfahrung lehrt, dass Pflanzen dem Lichte zuwachsen. Dr. Gardner war der Erste, der diese Erscheinung im Spektrum untersucht hat (1844). Wenn man Samen einige Tage im Finstern keimen und wachsen lässt, entwickeln sie senkrechte Stämme von einigen Zoll Länge; werden diese dann so aufgestellt, dass ein ganzes Spektrum auf sie fällt, so zeigen sie bald eine biegende Bewegung. Die Stämmchen drehen sich von allen Theilen des Spektrums nach dem Indigo. Ins Dunkle gebracht, nehmen sie wieder ihre aufrechte Stellung an. Diese Bewegungen sind die auffallendsten aller aktinischen Erscheinungen. Draper erzählt, dass er sie oft mit Bewunderung angesehen.

Aus allen den genannten Thatsachen können wir den Schluss ziehen, dass es ein Irrthum ist, die chemische Kraft auf den mehr brechbaren oder überhaupt auf einen besonderen Theil des Spektrums einzuschränken. Es giebt weder einen sichtbaren, noch einen unsichtbaren Strahl, der nicht eine chemische Wirkung veranlassen könnte.«

Für die Wärmestrahlen des Spektrums hat Draper experimentell nachgewiesen, dass die ungleiche Wärmevertheilung im Spektrum durch den Stoff des Prisma veranlasst wird und dass in einem, durch ein Beugungsgitter erzeugten Spektrum die Wärme vollkommen gleich vertheilt ist. Lässt man nämlich gemischtes Licht durch viele gleich breite feine, dicht neben einander stehende Spältchen gehen, indem man z. B. feine Nadeln oder sehr dünne Metallfäden in die Gänge feiner Schrauben einklemmt, so bildet sich, ebenso wie durch Prismen, ein Farbenspektrum, dessen Farbenreichthum von der Feinheit der »Gitter« abhängt. Die brauchbarsten Beugungsgitter, wie solche der Mechaniker und Optiker Hermann Hilger zu Frankfurt a. M. mit 100 bis 6400 Spalten auf einen Centimeter anfertigt, erhält man durch Einritzen senkrechter Liniensysteme auf Spiegelglas. Man sieht mit diesen kleinen Platten die prächtigsten Spektralfarben (Gitterspektra) und eine sehr grosse Zahl Fraunhofer'scher Linien. —

Die Behauptungen Draper's hinsichtlich der chemischen Einwirkung der Spektralfarben auf gewisse lichtempfindliche Stoffe, erhielten durch die Forschungen Vogel's ihre Bestätigung. Dieser Gelehrte hat gefunden, dass Bromsilber, welches mit einem Stoffe imprägnirt wurde, der die gelben Strahlen vorzugsweise absorbirt, bis in das Gelb des

Spektrums hinein lichtempfindlich wird. Der Stoff, den Vogel zur Imprägnation wählte, war das Korallin. Eine stark verdünnte Korallinlösung giebt im Spektroskop einen Absorptionsstreifen zwischen *D* und *E*, d. h. sie verschluckt einen Theil des gelben und gelbgrünen Lichtes. Vogel setzte daher eine alkoholische Lösung von Korallin seinem Bromkollodium zu, bis es kräftig roth gefärbt wurde. Die mit diesem Kollodium dargestellten Bromsilber-Trockenplatten zeigten sich im Indigo lichtempfindlich; von da ab gegen Hellblau hin wurde die Empfindlichkeit geringer, bei *F* wurde sie am schwächsten, nahm dann wieder zu, bis sie im Gelb fast ebenso kräftig war, als im Indigo.

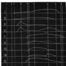


Fig. 270. Vogel's Wirkungskurven der Spektralfarben.

Auch für die rothen Strahlen hat Vogel ein Mittel gefunden, Bromsilber lichtempfindlich zu machen; er färbt nämlich das anzuwendende Kollodium mit grüner Anilinfarbe, worauf es sich bis in das Roth lichtempfindlich zeigt. Nach Vogel's Ansicht sind wir im Stande, Bromsilber gegen jede beliebige Farbe lichtempfindlich zu machen und dadurch die bisher so störende photographische Unwirksamkeit gewisser Farben zu überwinden. Das Kurvenbild Figur 270 giebt einen anschaulichen Vergleich zwischen den Wirkungen des Lichtes, wie solche von jenem Forscher bei verschiedenen Plattenpräparationen beobachtet wurden. In der angezogenen Figur sind die Spektrallinien als senkrechte Linien

in ihrer thatsächlichen Entfernung eingetragen und mit Buchstaben bezeichnet. Nummer I giebt ein Bild der Einwirkung des Lichtes auf reines Bromsilber. Diese beginnt im Roth bei *B*, wird im Indigo am stärksten und nimmt im Violett wieder ab. Nummer II veranschaulicht das Verhalten des Chlorsilbers, es zeigt sich im Vergleich zum Bromsilber sehr unempfindlich; erst bei einer Lichtwirkung von $38^1/_2$ Minuten entsteht ein schwacher Lichteindruck. Roth gefärbtes Chlorsilber, (Nummer III) zeigt sich sehr empfindlich im Gelb bei der Linie *D*, nach dem violetten Ende dagegen nimmt die Empfindlichkeit allmählich und nach dem rothen Ende sofort ab. Linie IV zeigt die Einwirkung des Lichtes auf das oben erwähnte rothe Korallinsilber. Das Resultat steht in der Mitte zwischen rothem Chlorsilber und rothem Bromsilber. Am empfindlichsten zeigt es sich im Gelb und zwischen Indigo und Violett, während es im Blau sehr unempfindlich erscheint. Das Jodbromsilber (Kurve V), welches heutzutage die meiste Anwendung in der Photographie findet, hat im Indigo die bedeutendste Wirkung aufzuweisen; in der Abnahme der Empfindlichkeit findet nach beiden Seiten hin eine grosse Gleichmässigkeit statt. Wird eine Jodsilberplatte vor der Exposition mit destillirtem Wasser abgewaschen, so sinkt deren Empfindlichkeit, wie aus Kurve VI ersichtlich ist. Kurve VII zeigt die Wirkung auf eine gewaschene und dann getrocknete Kollodiumplatte, Kurve VIII das Verhalten des roth gefärbten Jodbromkollodiums im trockenen Zustande. Eine feuchte Jodbromkollodiumplatte (IX), welche man nochmals mit Höllensteinlösung überzogen, ist dagegen viel lichtempfindlicher befunden worden, als alle vorhergehenden Substanzen. Die stärkste Empfindlichkeit liegt hier im Hellblau, während auffallender Weise die Wirkung im Dunkelblau und Violett merklich abnimmt. Wir lassen nun die Resultate folgen, welche Vogel aus den hierher gehörigen Versuchen gewonnen hat:

1) Bromsilber, Chlorsilber und Jodsilber sind für alle Farben des sichtbaren Spektrums empfindlich, am schwächsten für das äusserste Roth. Reines Bromsilber dagegen zeigt bei genügender Lichtstärke Empfindlichkeit bis ins Ultraroth hinein. 2) Mit Korallin gefärbtes Chlorsilber hat für Gelb die grösste Empfindlichkeit. Neuerdings hat Vogel noch die Farbstoffe Methylviolett und Cyanin zur Steigerung der Lichtempfindlichkeit des Bromsilbers für das Orangegelb benutzt. 3) Gefärbtes Chlorbromsilber zeigt eine Empfindlichkeit, die zwischen gefärbtem Chlorsilber und gefärbtem Bromsilber in der Mitte steht. 4) Mit Höllensteinlösung begossenes Jodbromsilber (die gewöhnliche nasse Platte) ist am stärksten empfindlich bei der Linie *G* (dunkelblau). Die Empfindlichkeit nimmt bis zum Grün langsam, bis Gelb rasch ab.

5) Gewaschenes nasses und trockenes Jodbromsilber reagirt am stärksten für Hellblau, weniger für Dunkelblau und Violett. 6) Rothes trockenes Jodbromsilber dagegen ist für Dunkelblau empfindlicher als für Hellblau. 7) Rothes mit Höllensteinlösung begossenes Jodbromsilber zeigt im Grün und Hellblau die stärkste Empfindlichkeit, eine geringere für Dunkelblau, die geringste für Violett. 8) Tanninüberzug vermehrt bei Jodbromsilber die Empfindlichkeit für Violett, nicht aber für Blau.

Um photographische Spektralbeobachtungen mit Leichtigkeit anzustellen, hat Vogel einen kleinen Spektralapparat, den er Spektrograph (Fig. 274) genannt hat, konstruirt. Derselbe besteht aus einem Taschenspektroskop (vgl. Fig. 257) und einer kleinen Camera (C) von circa 17 Centimeter Länge, 13 Centimeter Breite und 10 Centimeter Höhe, deren Vordertheil aus einer beweglichen Bretterkomposition (Jalousie) I besteht, die innerhalb zweier Rinnen (r r') läuft. In der Mitte dieser Schiebevorrichtung ist das kleine Spektroskop angebracht, welches man seitlich hin und her bewegen und dadurch fünf Spektren neben einander aufnehmen kann. Die kleine Camera ist auf einem parallaktischen Stative B befestigt, um den Apparat mit Leichtigkeit nach der Sonne richten und dem scheinbaren Gang derselben folgen zu lassen. Die Bilder der Spektren werden auf der matten Scheibe D durch geeignetes Ausziehen oder Zusammenschieben des Spektroskops eingestellt und die photographischen Manipulationen nach den bekannten Methoden ausgeführt. Die Expositionszeit richtet sich nach den Absichten, welche der Photographirende hat. Bei der Anwendung eines gewöhnlichen Jodbromkollodiums muss nämlich für die weniger wirksamen farbigen Strahlen länger exponirt werden, als für Indigo, Blau und Violett; man muss also, um ein scharf gezeichnetes Spektrum mit allen Fraunhofer'schen Linien zu erhalten, die verschiedenen Theile verschieden lang exponiren und die entsprechenden Stellen aus den Abdrücken ausschneiden und zusammenkleben. In dieser Weise ist die Spektralphotographie auf unserer Tafel V, Figur 4, zusammengefügt, retouchirt und nochmals photographisch aufgenommen worden.

Fig. 274. Vogel's Spektrograph.

Grosse Erfolge in der photographischen Darstellung des Sonnenspektrums hat Rutherfurd in New-York erzielt. Er hat eine Photographie des Spektrums von nicht weniger als $2^1/_{10}$ Meter Länge in 43 einzelnen Abschnitten aufgenommen. An den Spektralapparat setzte er eine Camera ohne Linse, zog das Okular des Apparates so weit aus, dass es als Objektiv wirkte, d. h. dass es ein wirkliches Bild auf der matten Scheibe entwarf, stellte scharf ein und photographirte.

Die in Secchi-Schellen's Werke über die Sonne veröffentlichte Spektralphotographie Rutherfurd's giebt einen Beweis, mit welcher Genauigkeit und mit welch staunenswerthem Fleisse Kirchhoff die beobachteten Spektrallinien gemessen und gezeichnet hat. Sie stimmen nämlich fast bis in die kleinsten Einzelheiten mit Rutherfurd's Photographie

Kirchhoff's Zeichnung.

Rutherfurd's Photographie.

Fig. 272. Gezeichnetes und photographirtes Spektrum.

überein; für jede photographisch aufgezeichnete Linie ist eine entsprechende Zeichnung im Kirchhoff'schen Spektrum vorhanden. Die wenigen kleinen Unterschiede, welche sich zwischen Zeichnung und Photographie ergeben, finden in der differenten Wirkung des Lichtes auf die photographische Platte ihre Erklärung. Denn da, wo unser Auge, wie z. B. in Gelb und Roth, Empfindlichkeit besitzt, erhält einerseits, wie oben mitgetheilt, die auf gewöhnliche Weise präparirte Platte gar keine und nur bei sehr langer Expositionszeit schwache Eindrücke, andererseits zeigt die Platte dort (z. B. im Ultraviolett) Eindrücke und Linien, wo das Auge nichts sieht. Figur 272 gestattet einen genauen Vergleich des Rutherfurd'schen und Kirchhoff'schen Spektrums; die

untenstehende Illustration bildet ungefähr ein Zwanzigstel der Länge von RUTHERFURD's Spektralphotographie; dieselbe erstreckt sich von der Mitte des Grün bis über die sichtbaren violetten Strahlen hinaus, nämlich von der Nummer 185 (zwischen Linie *b* und *F*) der KIRCHHOFF'schen Zeichnung bis fast zur Linie *I* im Ultraviolett.

## 2. PHOTOGRAPHIE DER TÖNE.

Wenn man eine Stimmgabel mittels eines Holzstückes anschlägt oder mit einem Violinbogen anstreicht (Fig. 273), so geräth dieselbe in Schwingungen und ertönt in einer von der Form und den Dimensionen des Instruments abhängigen Höhe. Derartige Schwingungen kann man sichtbar machen entweder dadurch, dass man die Vibrationen mittels eines an die Stimmgabel befestigten Metallstiftes direkt auf eine mit Russ überzogene Fläche sich aufschreiben lässt oder die Bewegungen durch Spiegelreflexe beobachtet. In ersterem Falle vibrirt der Metallstift infolge des Anschlagens oder Anstreichens so oft in der Sekunde hin und her, als die Gabel Schwingungen macht. Wenn man dann einen angerussten Cylinder sehr rasch an diesem Stifte vorbeidreht, wie dies in Figur 274 ersichtlich ist, so wird der Stift in Form einer Kurve die Schwingungen der Stimmgabel, mithin auch die Charakteristik des betreffenden Tones auf den Cylinder verzeichnen. In Figur 275 sind eine Anzahl einfacher und kombinirter Tonschwingungskurven reproduzirt, welche auf diese und die folgende Methode gewonnen werden.

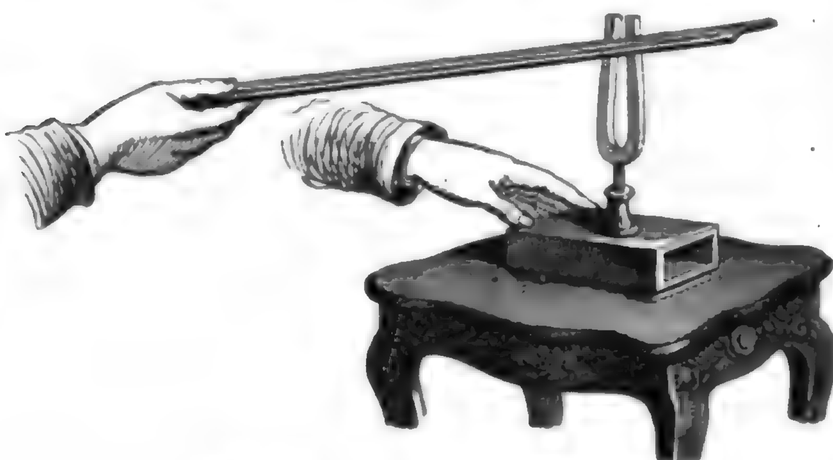


Fig. 273. Anstreichen der Stimmgabel.

Die zweite Art, diejenige der optischen Darstellung der Töne, welche von LISSAJOUS erfunden wurde, bewerkstelligt man durch zwei an die Enden der Stimmgabelschenkel aufgelöthete kleine Metallspiegel, wobei der zweite Spiegel nur als Gegengewicht dient. Betrachtet man während der Vibration der Gabel in dem ersten Spiegel das Bild einer Kerzenflamme, welche in der Entfernung von einigen Metern aufgestellt ist, so sieht man das Bild derselben je nach den Schwingungen des Tones sich verlängern und verkürzen. Nimmt man einen zweiten

Spiegel hinzu, welcher das Lichtbild durch eine Linse auf eine weisse Wand wirft, so kann man bei starker Lichtquelle, bei Sonnenlicht oder elektrischer Beleuchtung, das im aufgelötheten Spiegel entstehende Schwingungsbild auf der gegenüberliegenden Wand objektiv darstellen. Stimmt man zwei mit Spiegeln versehene Stimmgabeln, welche gegenseitig im rechten Winkel aufgestellt sind, auf verschiedene in harmonischem Verhältniss stehende Töne zu einander ab, so kann man auch Doppeltöne und Akkorde in gleicher Weise sichtbar machen.

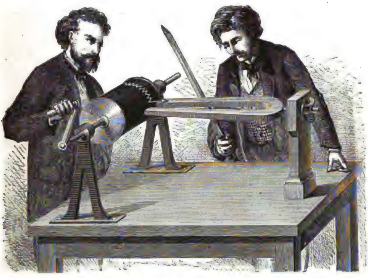


Fig. 274. Aufschreibung der Töne auf berusste Cylinder.

So wird in Figur 276 nach einer von TYNDALL angegebenen Methode ein konzentrirter Strahl elektrischen Lichtes auf den Spiegel der Stimmgabel *F* geworfen, von hier nach einem Handspiegel reflektirt, welcher das Bild der Schwingungen auf eine gegenüberliegende Wand *mn* wirft, woselbst sie durch ein rasches Umdrehen des Handspiegels als Kurve erscheinen.

Stellt man dagegen den Handspiegel fest und bringt an Stelle der Wand *mn* eine längliche photographische Vorrichtung, so wird, wenn die photographische Platte sehr rasch vorbeigleitet, der von dem Spiegel kommende Lichtstrahl auf derselben einen Eindruck in Form einer Kurve beschreiben, welche der Schwingungszahl der Stimmgabel genau

Digitized by Google

entspricht; auf diese Weise ist die direkte photographische Darstellung der LISSAJOUS'schen Schwingungsfiguren ermöglicht.

Noch einfacher lassen sich die Tonschwingungen photographiren, wenn man eine Stimmgabel (Fig. 277) an den Schwingungsenden durchbohrt oder an jedes Ende derselben ein durchbohrtes Metallplättchen befestigt und durch dessen Bohrpunkt (*i*) einen Lichtstrahl leitet.

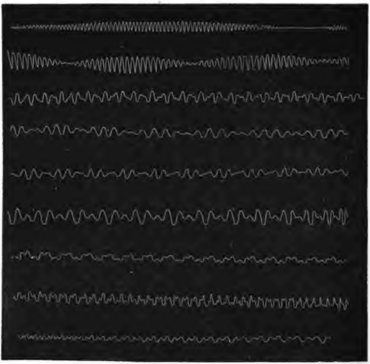


Fig. 275. Einfache und kombinirte Tonschwingungskurven.

Dieser kommt von einem Heliostaten *h* und hinterlässt deutliche Spuren seiner Wirkung auf der schnell vorbeigleitenden lichtempfindlichen Schicht. Die gespannte Feder *B*, an deren Stelle man sich ein genau präzisirtes elektromagnetisch-chronographisches Triebwerk zu denken hat, zieht die in der Kassette *ag* befindliche photographische Platte in $^1/_4$ Sekunde vor der kleinen Camera vorüber. Ruht nun die Stimmgabel *A*, so wird das durch die kleine Oeffnung *i* hindurchtretende Strahlen-

Digitized by Google

bündel des Sonnenstrahls *ri* auf der Platte *ag* einen Punkt beschreiben. Würde sich der Punkt *i* während des Hindurchtretens des Lichtstrahles

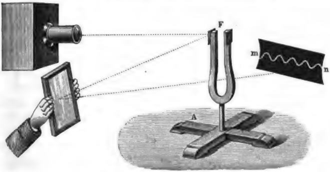



Fig. 276. Optische Darstellung der Töne.

auf und nieder bewegen, so würde bald ein höher, bald ein tiefer gelegener Theil des Strahles *ri* zum Durchtritte bei *i* gelangen, und

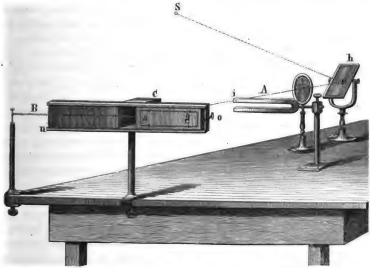



Fig. 277. Stein's Apparat zur Photographie der Stimmgabelschwingungen.

abwechselnd einen bald etwas höher, bald etwas tiefer gelegenen Theil der empfindlichen Platte treffen, mithin eine senkrechte Linie auf

Digitized by Google

photographischem Wege darstellen, welche sich, sobald die Platte *ag* in rasche Bewegung versetzt wird, in eine von *a* nach *g* gehende Kurve verwandeln würde.

Fig. 278. Photographirte Tonschwingungskurve.

Ein Auf- und Abbewegen des Punktes *i* tritt aber ein, sobald die Gabel *A* durch Anstreichen in Schwingungen versetzt wird. Wenn nun die in *ag* befindliche, bei *o* durch einen Haken gehaltene Kassette, in welcher sich die präparirte Platte befindet, losgelassen und durch die Kraft eines Triebwerks oder der Feder *B*, nach Aufziehen des Kassettenschiebers, in einer gewissen Zeit bei *C* vorbeigeschnellt wird, so müssen die stattfindenden Schwingungen sich als Kurve darstellen, deren Hügel der Schwingungszahl der Stimmgabel vollständig entsprechen.

Nehmen wir an, die Gabel *A* habe den Ton »kleines c«, mache also in einer Sekunde 128 Schwingungen, so hat die entstehende photographische Tonkurve, wenn der Bewegungsmechanismus der angegebenen Zeit genau entspricht, 32 Kurvenhügel auf der Platte aufzuweisen, wie es auch auf Figur 278, welche die Kopie einer von dem Verfasser photographirten Tonkurve enthält, ersichtlich ist.

Dieses photographische Bild zeigt im Vergleich mit den Schwingungskurven, Figur 275, noch eine ganz besondere Eigenthümlichkeit an den Winkeln, welche die einzelnen Kurvenhügel mit einander bilden. Wir sehen nämlich daselbst auf der ganzen Kurve, oben und unten, gleichmässige Stellen, welche weit heller als die Kurvenschenkel erscheinen, und dem entsprechend im Negativ bedeutend dunkler sind. Das unter dem Mikroskop untersuchte Negativ zeigt gerade dort eine weit massenhaftere und engere Aneinanderlagerung der Silbermoleküle als an den geraden Kurvenschenkeln (vgl. S. 58 Fig. 68), mithin hat das Licht auf diesen Raum stärker oder vielmehr länger gewirkt, als dort, wo sich die Kurvenschenkel abgebildet haben. Zwischen den einzelnen (halben) Schwingungen müssen die Schenkel der Stimmgabel Zeit gewinnen umzukehren. Diese Umkehr führen sie nach dem Gesetze der Elastizitätsschwingungen allmählich aus,

Digitized by Google

weil die Zeitdauer während der Umkehr grösser ist, als in den mittleren Phasen der Schwingung; es zeigen uns die photographischen Abbildungen, dass diese Zeit graphisch darstellbar, ja sogar messbar ist, und ohne trigonometrische und logarithmische Rechenmethoden sich aus dem Bilde ergiebt. Würden die Enden der Stimmgabel bei der Umkehr für eine minimale Zeit ruhen, so müssten wir an den bezeichneten Stellen einer wagerechten Linie begegnen. Wir sehen aber hier eine derartige nicht, sondern einen helleren Bogen, welcher sich auf Figur 278 sehr deutlich markirt. Aus diesem geht hervor, dass die Umkehr der Gabelschenkel zu einer neuen halben Schwingung nicht plötzlich, sondern allmählich stattfindet, indem zu der betreffenden Zeit die Gabel nicht ruht, sondern ihre Schwingungen merklich verlangsamt und, auf der äussersten Grenze angelangt, in gleicher Weise nicht plötzlich, sondern allmählich wieder zu einer rascheren Bewegung übergeht.

Die 32 Schwingungsbilder derselben Gabel (64 halbe Schwingungen) messen zusammen 152 Millimeter; die Durchmesser der kleinen Bogen, welche die einzelnen Kurvenschenkel verbinden, sind an der Stelle, wo die Helligkeit der Linien (im Negativ die Dichtigkeit des Silberniederschlages) zuzunehmen beginnt, 1,333 Millimeter breit; mithin braucht eine Tonschwingung des »kleinen c«, um zu ihrer höchsten Schwingungsgeschwindigkeit zurückzukehren, $^1/_{456}$ Sekunde, denn:

152 Millimeter brauchen $^1/_4$ Sekunde,
1,333 Millimeter $=$ $^1/_{114}$ von 152 Millimeter,
$^1/_{114}$ von $^1/_4$ Sekunde $=$ $^1/_{456}$ Sekunde.

Bei höheren schneller schwingenden Tönen verringert sich, bei tieferen Tönen vermehrt sich dieses minimale Nachlassen der einzelnen Schwingungen auch im photographischen Bilde.

Während jenes kleinen Zeitraumes hat das Licht den merklich grösseren Eindruck auf die silberjodirte Platte hervorgebracht. In einer Viertelsekunde wurde die ganze Kurve photographirt, d. h. nicht auf einmal, sondern infolge des Vorbeischnellens der Platte eine Schwingung nach der anderen. Es giebt demnach diese Methode in zweiter Linie auch einen genau berechenbaren Beweis für die Raschheit der Lichtwirkung auf eine präparirte Platte ab.

Um die Zeit dieser Wirkung zu berechnen, spiegelte ich Sonnenlicht mittels eines Heliostaten in ein verdunkeltes Zimmer, konzentrirte dasselbe durch ein System von Linsen und leitete den gewonnenen, 2 Millimeter breiten, hellen Strahl auf eine kleine runde Oeffnung von 0,1 Millimeter (ungefähr von der Dicke eines Menschenhaares). Das eingetretene Licht beschrieb nun auf einer lichtempfindlichen,

50 Centimeter langen Platte einen nur 0,1 Millimeter breiten Punkt. Als ich nun eine mit geölten Röllchen versehene sehr leichte Kassette auf polirtem Spiegelglas in $^1/_{10}$ Sekunde vor dem feinen Lichtstrahle vorbeigleiten liess, beschrieb dieser auf der gesilberten Jodbromkollodiumschicht einen sehr deutlichen 50 Centimeter langen Strich. Diesen Strich haben wir uns als eine Addition von 0,1 Millimeter betragenden Punkten, also aus 5000 Masseinheiten zusammengesetzt zu denken, welche den zehnten Theil einer Sekunde benöthigten, um photographirt zu werden; mithin brauchte ein Pünktchen nur ein Fünfzigtausendstel einer Sekunde Expositionszeit.

Daraus ergiebt sich, dass bei den geeigneten Präzisionsinstrumenten es möglich sein wird, auch die höchsten für unser Ohr wahrnehmbaren Tonschwingungen, welche nach Helmholtz die Zahl 38000 in der Sekunde erreichen, ja sogar solche, welche die obere Grenze des menschlichen Gehörs überschreiten, graphisch darzustellen; sicher aber sind alle gewöhnlichen musikalischen Töne, welche bekanntlich in runder Summe sieben Oktaven umfassen (zwischen 32 und 4096 Schwingungen in der Sekunde), photographirbar.

Hieraus erhellt unter Anderem, dass eine Reihe auf dem Pianoforte angeschlagener Töne oder Akkorde auf eine lichtempfindliche Platte photographirt werden können; ein derartiger Versuch müsste auf folgende Methode geschehen:

Fig. 279. Schwingende Saite.

Nehmen wir zuerst die schwingende Saite eines Monochords (Figur 279), deren Schwingungen in Kurvenform photographirt werden sollen. Um dieses zu erreichen, befestigen wir ein leichtes Rohrstäbchen mit Siegellack auf die Mitte der Saite, wo dieselbe den grössten Weg während des Schwingens beschreibt; an dem Stäbchen befindet sich ein durchbohrtes schwarzes Glimmerblättchen (Fig. 280). Dieses Glimmerblättchen wird mit der angeschlagenen Saite schwingen, ohne deren Schwingungszahl zu beeinträchtigen. Wird nun während der Schwingungen der in Figur 277 abgebildete photographische Apparat angewendet, so können die Schwingungen der Saite, auf gleiche Weise wie die Schwingungen der Stimmgabel photographirt werden. Haben wir aber zwei oder mehrere Saiten neben einander, die gleichzeitig oder nach einander angeschlagen werden, so können diese Töne sehr leicht gemeinschaftlich photographirt und die Kurven über einander auf einer Platte dargestellt werden, wie solches aus Figur 281 ersichtlich ist.

Ueber einen Resonanzkasten $A$ sind drei Saiten $c$, $e$ und $g$ gespännt, die zusammen einen Dreiklang geben; über der Saite $c$ befindet sich das Glimmerblättchen $c'$, über der Saite $e$ das Blättchen $e'$ und über der Saite $g$ das Blättchen $g'$. Die Blättchen sind so gestellt, dass eines das andere überragt, um die Kurven auf einem Bilde über einander zu erhalten. Auf der vorbeigleitenden präparirten Platte $B$ sind die 3 Kurven schematisch dargestellt und mit $c''$, $e''$ und $g''$ bezeichnet. Die Linien $c'—x$, $e'—y$ und $g'—z$ stellen den Gang der parallelen Lichtstrahlenbündel dar, von welchen immer nur ein feiner Strahl durch das schwingende Blättchen durchtreten kann, während die übrigen durch dasselbe abgehalten werden. Bei jedem Glimmerblättchen muss

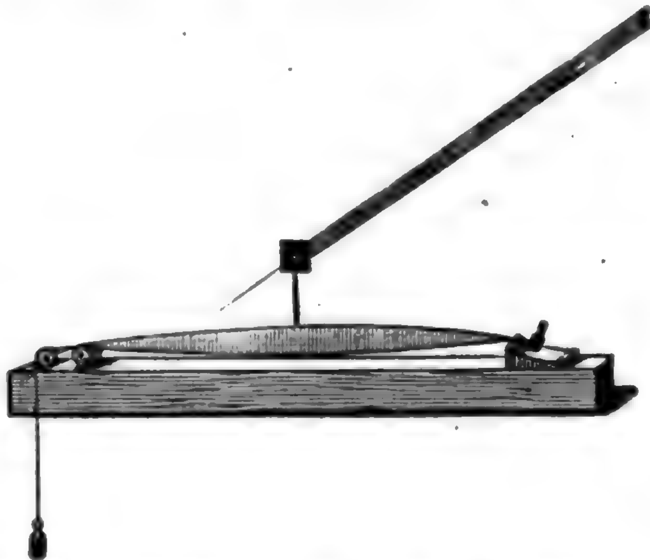


Fig. 280. Vorrichtung zur Photographie der Schwingungen tönender Saiten.

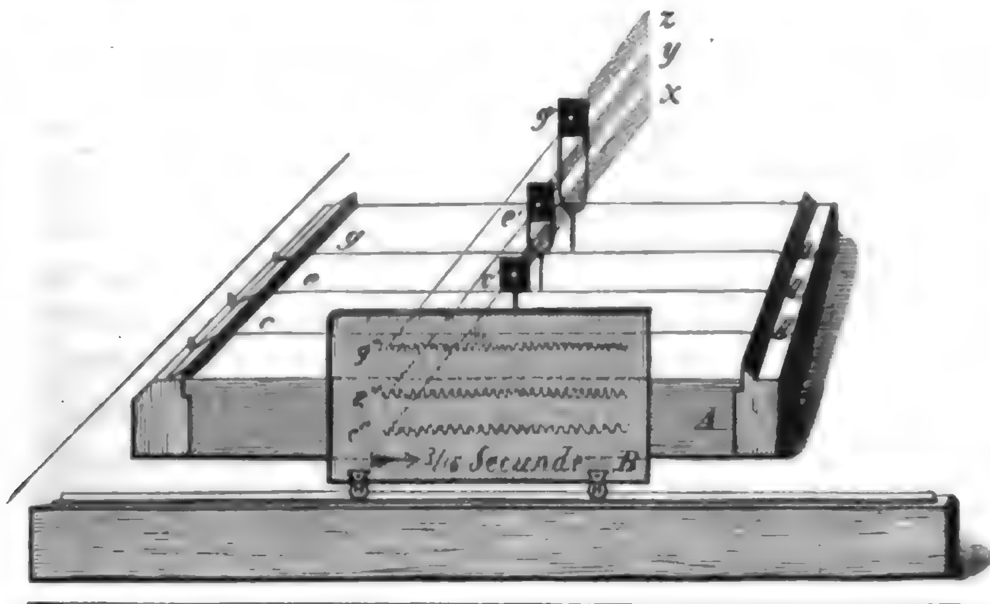



Fig. 281. Photographie eines Dreiklangs.

das durchtretende Licht der empfindlichen Platte durch ein zugehöriges kleines Objektiv besonders übermittelt werden; man kann indessen in einem verdunkelten Zimmer derartige Kurven auch ohne Camera und ohne Objektiv (unserer Zeichnung Fig. 281 entsprechend) darstellen.

Die Photographie eines Dreiklanges (z. B. Grundton *c* — mit 128, Terz mit 160, Quinte mit 192 Schwingungen in der Sekunde) würde sich alsdann auf der Platte ungefähr wie in der betreffenden Figur ($c''$, $e''$, $g''$) ausnehmen. Die neben den Akkorden hörbaren Kombinationstöne werden die photographische Darstellung nicht beeinträchtigen, weil dieselben nur durch die mitschwingende Luft entstehen; somit wird die Photographie eine absolut richtige graphische Darstellung der schwingenden Saiten bilden, bei welcher auch die Amplitude des Tones in der Höhe der Kurvenhügel ihren Ausdruck findet.

Bei der Aufeinanderfolge verschiedener Töne oder Akkorde müsste die Platte verhältnissmässig sehr lang sein, und es ist nicht undenkbar, dass man auf diesem Wege so weit kommen kann, kleine einfache Kompositionen in Kurvenform zu photographiren.

### 3. PHOTOGRAPHIE DER INTERFERENZ-, BEUGUNGS- UND POLARISATIONS-ERSCHEINUNGEN DES LICHTES.

Die Interferenzerscheinungen des Lichtes, mit deren genauester Erforschung Thomas Young, gestützt auf Grimaldi's, Newton's und Hooke's Beobachtungen, die Wissenschaft bereichert hat, eignen sich zur photographischen Darstellung. Hierdurch ist uns ein Mittel an die Hand gegeben, in manchen Fällen die Wirkung der interferirenden Wellen im objektiven Bilde mit einander zu vergleichen. Bekanntlich lässt sich aus dem Durchmesser der farbigen Newton'schen Ringe die Dicke der dünnen Blättchen berechnen, aus welcher die Wellenlängen der einzelnen, das Bild hervorrufenden Lichttheilchen sich ergeben. Wird ein derartiges kleines Ringbild photographisch aufgenommen, so kann man das erhaltene Negativ mit dem Steinheil'schen Aplanate auf die in Kapitel IX erwähnte Methode photographisch vergrössern; es gestatten alsdann die dem ursprünglichen Bilde proportionalen Verhältnisse der Vergrösserung eine sowol genauere als auch leichtere Berechnungsmethode, und der Beweis für die von Newton entdeckten Gesetze der Proportionalität der Ringe wird hierdurch bedeutend erleichtert.

Uebrigens soll mit diesem Nachweise nur eine Anregung zur Benutzung der Photographie bei den bezeichneten Studien gegeben werden. Die vielen hierher gehörigen und zur photographischen Darstellung sich eignenden Erscheinungen hier eingehender zu besprechen, würde uns zu weit führen.

Ebenso wollen wir hier nur im Vorübergehen auf die Verwendung der Photographie zur Darstellung der mannichfachen Beugungserscheinungen des Lichtes aufmerksam machen, indem es möglich ist, alle

derartigen Bilder bei Anwendung aktinischer Lichtquellen zu photographiren. Wir haben nur an die Stelle unseres Auges die photographische Camera obscura und die lichtempfindliche Platte zu substituiren, um dasjenige Bild dauernd zu bewahren, welches die Elemente unserer Retina vorübergehend in Schwingungen versetzt.

Dagegen wollen wir der Photographie mittels der Polarisationsapparate eine etwas eingehendere Betrachtung widmen, indem wir die hierher gehörigen physikalischen Lehren bei denjenigen unserer Leser als bekannt voraussetzen, welche aus unseren Schilderungen einen praktischen Nutzen zu ziehen gedenken.

Zunächst drängt sich dem mit den polarisirenden Eigenschaften der Krystalle sich befassenden Forscher der Wunsch auf, sowol die einfachen als die komplizirten Kreuzungslinien und Ringsysteme, welche sich unter verschiedenen gegenseitigen Stellungen der polarisirenden Medien dem Auge darbieten, naturgetreu abzubilden, da solche Abbildungen die Ergründung des Achsensystems und der Brechungsverhältnisse der Krystalle wesentlich erleichtern. Hier wird also die Photographie in mannichfacher Beziehung, besonders hinsichtlich der Winkelbestimmungen, eine höchst schätzenswerthe Unterstützung gewähren können.

Um nun auf photographischem Wege Polarisationsbilder zu gewinnen, hat man nur eine kleine Auszieh-Camera mit 12linigem Objektive an einen Polarisationsapparat anzufügen. Zu diesem Zwecke eignen sich sowol Spiegel- als Prismenapparate. Die Kassette soll eine längliche Form haben, um durch Verschiebung der Platte ein Doppelbild aufnehmen zu können, da die Arme eines dunkeln Kreuzes, welche den Schwingungsrichtungen im Polarisator und Analysator parallel sind, sobald der Analysator um 90 Grad gedreht wird, sich in eine leuchtende Zeichnung verwandeln, wie denn auch jeder dunkle Ring während der Drehung in einen hellen übergeht. Dadurch, dass wir zwischen den beiden Aufnahmen die Kassette verschieben, erhalten wir beide sich mathematisch deckende Erscheinungen auf einer Negativplatte.

In Figur 282 sehen wir den Nörremberg'schen Spiegel-Prismenapparat (*B*) in Verbindung mit einer an einem Gestelle *A* verschiebbaren photographischen Einrichtung (*C*). Das von dem Spiegel *s* kommende Licht wird von den in *a* zusammengefügten Spiegelglasplatten polarisirt und auf das in *b* befindliche Objekt geworfen; in *c* befinden sich verschiedene Linsen zur Konzentration des Lichtes. Die durch den Analysator, das Nicol'sche Prisma *d*, hervorgerufenen Polarisationsbilder werden mittels des Objektivs *e* auf die matte Scheibe *k* der konischen Camera *f* geworfen. Hier wird das Bild scharf eingestellt, was

sowol durch Verschieben der einzelnen Theile des Polarisationsapparates (*b*, *c*, *d*) als auch durch Auf- und Abbewegen der ganzen photographischen Einrichtung (bei *r* und *l*), sowie durch Verstellen der Objektivschraube (bei *e*) zu geschehen hat. Ist die Einstellung gelungen, so wird die Scheibe um circa 5 Centimeter in dem Schlitten *m* verschoben, damit an dieselbe Stelle die mit ihr verbundene Kassette *g i* trete, deren Deckel *g h*, der Deutlichkeit wegen, auf unserem Bilde etwas geöffnet ist. Befindet sich die Stelle *g C* über dem Objektive *e*, so wird der Schieber bei *i* vorsichtig aufgezogen und die Lichtwirkung beginnt. Die Exposition wird, da die Polarisationsbilder infolge der Absorption vielen Lichtes ziemlich lichtschwach sind, stets längere Zeit (je nach der Tageshelligkeit 1 bis 5 Minuten) in Anspruch nehmen, und muss die Dauer der Expositionszeit der Erfahrung des Exponenten anheim gestellt bleiben.

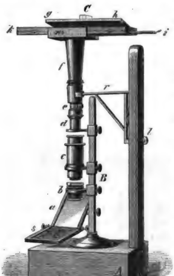


Fig. 282. Polarisationsapparat zum Photographiren.

Ist das erste Bild genügend exponirt, so wird das Licht durch einen Carton abgeblendet, die Kassette um 2 Zoll weiter geschoben, der Analysator *d* um 90 Grad gedreht, und die zweite Aufnahme nach Entfernung der Cartons vorgenommen. — Beide Bilder werden gleichzeitig entwickelt, fixirt und auf die mehrfach erwähnte Methode vollendet.

Bei dem in Figur 283 abgebildeten Des Cloiseaux'schen Apparate, welcher 2 grosse Nicol'sche Prismen enthält, wird in analoger Weise verfahren und kann man jede horizontal stehende photographische Camera anwenden, indem man das Okular *A* des Polarisationsapparates *A B* durch Anschieben an ein photographisches Objektiv mit diesem verbindet, die Camera soweit auszieht, bis das Polarisationsbild scharf auf der matten Scheibe erscheint und im Uebrigen wie oben angegeben verfährt. Die Objekte, besonders die zu untersuchenden Krystalle, werden mit der bei *C* verstellbaren Pincette festgehalten, und während der Beobachtung in ein Oelbad, das eine geringere Ablenkung der Lichtstrahlen veranlasst, gesenkt. Dieses Oelbad befindet sich zwischen den beiden Tuben *A B* in einem senkrechten

Digitized by Google

Glastroge, der in Figur 293. um die Deutlichkeit nicht zu beeinträchtigen, weggelassen ist. —

Nicht nur zur Unterstützung bei optischen und akustischen Untersuchungen wird sich die Photographie dienstbar erweisen; auch auf fast allen anderen Gebieten der darstellenden Experimentalphysik dürfte sich unsere Kunst, ebenso wie wir Solches für die Physik des Himmels, der Luft und der Erde nachgewiesen haben, allmählich einbürgern und vortheilhaft verwenden lassen.

C

A

B

Fig. 293. Des Chiesani's Projectionsapparat.

Besonders wird man zuvörderst in der Mechanik und Hydrodynamik die Anhaltspunkte leicht auffinden, sowie mit Hülfe des elektrischen Stromes in Nähe und Ferne noch viele Erscheinungen zur Verwerthung für Wissenschaft und Leben den Wirkungen des Lichtes erschliessen können.

Mit diesen Andeutungen beenden wir das Kapitel von der Verwendung der Photographie für physikalische Untersuchungen. Es erhellt, dass die einschlagenden Arbeiten sich erst im Entstehen befinden und hoffen wir, zum weiteren Anbau dieses ergiebigen Feldes einige Anregung gegeben zu haben.

# ACHTES KAPITEL.

## ANWENDUNG DER PHOTOGRAPHIE AUF ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

---

### 1. ANATOMIE.

Sofort bei ihrem ersten Erscheinen wurde die Photographie zur Abbildung anatomischer Präparate benutzt. Die erforderlichen Manipulationen sind höchst einfach, indem die Objekte bei geeigneter Beleuchtung ganz in derselben Weise aufgenommen werden, wie füglich ein jeder andere photographisch aufzunehmende Gegenstand. Bei derartigen Abbildungen kommt besonders die scharfe Darstellung der Tiefendimensionen in Betracht, was durch Objektive mit langer Expositionszeit erreicht wird. Hierzu eignen sich die Aplanate von STEINHEIL in München, welche je nach der zu erzielenden Bildgrösse von verschiedenem Durchmesser angefertigt werden. Das Aplanat von 7 Linien Objektivöffnung giebt ein ca. 90 Quadratcentimeter grosses Bild, das Aplanat von 11 Linien entspricht einem Bilde von ca. 260 Quadratcentimeter, das 19linige von $10\frac{1}{4}$ Zoll Brennweite gestattet schon die Darstellung einer Photographie von ca. 650 Quadratcentimeter Grösse. Letzteres Format ist für anatomische Abbildungen das geeignetste, doch werden in der STEINHEIL'schen Werkstätte auch Aplanate bis zu 51 Linien Objektivöffnung für eine Bildgrösse von ca. 2500 Quadratcentimeter angefertigt. Die STEINHEIL'schen Objektive zeichnen sich durch vorzügliche Schärfe und Vermeidung jeglicher Verzerrung der Bilder aus.

Das Aplanat (Figur 284) besteht aus zwei mässig gewölbten symmetrischen Gläsern $(a, b)$, deren jedes wiederum aus zwei Menisken mit verschiedenem Brechungskoëffizienten $m, m'$ zusammengekittet ist (vergl. Seite 31). Die Bildschärfe dieses Objektivs wird durch Blendungen, welche in der Mitte bei $c$ einzuschieben sind, bedeutend erhöht.

Für den anatomischen Unterricht sind stereoskopische Abbildungen anatomischer Präparate von ganz besonderem Werth (vergl. S. 40). Derartige Bilder geben den Gegenstand mit weit grösserer Naturtreue wieder,

als solche durch irgend ein Modell erzielt werden kann. Professor MACH in Prag hat vor einigen Jahren in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie eine höchst originelle Anwendung der stereoskopischen Photographie veröffentlicht. Die nach den Angaben des betreffenden Forschers angefertigten stereoskopischen Photographien machen den Eindruck glasartiger Durchsichtigkeit der Gegenstände und man erkennt zu gleicher Zeit Aussen- und Innenseite des Präparates in plastischer Form. Betrachtet man z. B. einen nach dieser Methode von oben aufgenommenen menschlichen Schädel, so glaubt man, das Schädeldach mit allen seinen Einzelheiten sei von Glas und man sehe durch dasselbe auf die Basis der Schädelhöhle. Man stellt solche Bilder mittels einer stereoskopischen Camera dar. In unserem Falle wird ein Schädel, von welchem das Schädeldach abnehmbar ist, zuerst geschlossen photographirt; hat man für das betreffende Bild genügend exponirt, so wird der Deckel des Objektivs vorgelegt, das Schädeldach abgenommen, während die Schädelbasis genau an derselben Stelle verbleibt; dann öffnet man den Deckel des Objektivs wieder und photographirt auf dieselbe präparirte Platte, welche die Lichteindrücke des geschlossenen Schädels erhalten hatte, die Innenseite hinzu. Bei Entwicklung des Bildes erscheinen beide Aufnahmen in einander geschoben auf der Platte; selbstverständlich machen die Abdrücke, nur mit dem Stereoskop betrachtet, den Eindruck eines durchsichtigen Körpers. Auf diese Weise kann man jedes anatomische Präparat, bei welchem es sich um eine innere und eine äussere Ansicht handelt, gleichsam als stereoskopisches Transparent darstellen.

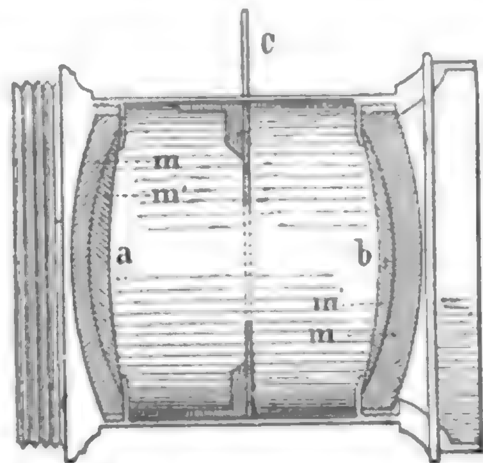


Fig. 284. Steinheil's Aplanat.

Bedeutendes in der Anwendung der Photographie auf das anatomische Studium hat der Hofphotograph ALBERT in München geleistet, welcher eine grosse Zahl vorzüglicher Präparate des Professors Dr. RÜDINGER daselbst aufgenommen hat, die in einem »Atlas der Nervenanatomie« veröffentlicht worden sind. In neuerer Zeit liess RÜDINGER seine Präparate durch Lichtdruck von GEMOSER und WALTL in München vervielfältigen, von welcher Firma auch unsere anatomische Tafel VII angefertigt ist. Als Beispiele für die allgemeine Anwendung der Photographie zur Darstellung anatomischer Präparate sollen ferner die auf Tafel I befindlichen Abbildungen (Figg. 1 bis 9) dienen, deren Erklärung am Schlusse dieses Buches zu finden ist.

## 2. PHYSIOLOGIE.

### a. PHOTOGRAPHIE DES MENSCHLICHEN PULSES.

Während die photographische Darstellung anatomischer Präparate uns ruhende Objekte vor Augen führt, bestrebt sich die vom Verfasser dieser Schrift besonders kultivirte physiologische Photographie, gewisse Thätigkeiten des Organismus im Bilde bleibend zu fesseln. Auf ähnlichen Grundlagen, wie die in Kap. VI erwähnten Darstellungen des Erdmagnetismus, der Barometer- und der Thermometerschwankungen, beruht die Anfertigung photographischer Kurvenbilder des Herzschlags, der Pulswelle, der Athmung, der Muskelkontraktionen und der menschlichen Temperatur.

Im Juli 1869 erfand Dr. Ozanam zu Paris einen Apparat zur photographischen Darstellung des Herzschlages, indem er ein mit einer Gummimembran nach unten verschlossenes Rohr, das mit Quecksilber gefüllt wurde, entweder auf der Stelle an der Brustwand, unter welcher der Herzschlag fühlbar ist oder auf irgend einer anderen Pulsationsstelle des Körpers befestigte. Hinter diesem Rohre rollte ein Streifen empfindlichen photographischen Papieres vorbei, auf welches das durch einen engen Spalt fallende Licht eine dem Heben und Senken der Quecksilbersäule entsprechende Kurve aufzeichnete, welche dem auf Seite 239 abgebildeten Flächenbilde des Barographen ähnlich war. Die zackigen Ränder der Kurve waren den Bewegungen des Herzstosses vollständig analog.

Der Puls, den die ärztliche Untersuchung als ein Kriterium der Beurtheilung des Gesundheitszustandes benutzt, kann durch das Ohr, durch den Tastsinn und durch das Auge beobachtet werden. Der hörbare Puls entsteht durch die Fortpflanzung der Herztöne und ist bei einiger Entfernung von dem Herzen nur in bestimmten krankhaften Zuständen wahrzunehmen, während die Herztöne selbst am Herzen durch das Hörrohr mit Leichtigkeit zu prüfen sind. Der tastende Finger dagegen fühlt während des Vorüberganges einer jeden Pulswelle an mannichfachen Stellen des Körpers die Ortsveränderung und grössere Spannung der erschütterten Arterienwand in Form des fühlbaren Pulses. Für das Auge lässt sich der Puls an verschiedenen Hautstellen wahrnehmen und kann auch durch ein sehr einfaches Experiment sichtbar gemacht werden. Lässt man nämlich die Kniekehle des einen Beines auf dem Knie des anderen ruhen, so geht die schwebende Fussspitze dem Pulsschlag entsprechend auf und nieder; demnach kann auf diese Weise die Zahl der Herzschläge des Menschen unter der Kniekehle beobachtet und gezählt werden.

Bei dem in bestimmten Zwischenräumen sich wiederholenden Einpressen der Blutwelle in die elastischen Röhren der Arterien wird die Röhrenwand von Pulsschlag zu Pulsschlag in einer gewissen Strecke ausgedehnt und gespannt, dann wieder zusammengezogen und entspannt. Die Erschütterung, welche diese rhythmische Bewegung, die wir Pulsschlag nennen, hervorruft, kann durch Aufzeichnungsapparate, sogenannte Sphygmographen, in Form einer Kurve objektiv dargestellt werden. Der Erste, welcher eine derartige Darstellung des Pulses versuchte, war Professor Carl Vierordt in Tübingen. Er konstruirte einen Schreibapparat zur Darstellung von Blutgeschwindigkeitskurven, den er Hämotachometer nannte. Vierordt bediente sich zur Aufzeichnung der Pulskurven des Cylinders eines Kymographium (siehe Figur 302 Seite 325). Zu diesem Zwecke lässt er die Hand auf einer festen Unterlage ruhen und die Kurven der Radial-Arterie mittels einer Borste auf angerusstes Papier sich vergrössert aufzeichnen. Ein anderer Forscher, Valentin, hat in derselben Absicht einen anderen Aufzeichnungs-Apparat erfunden. Er setzt eine mit einer Kreistheilung versehene centrisch befestigte Scheibe $ab$ (Fig. 285) auf die Achse $c$ des Uhrwerks $B$, welches die Scheibe in eine wagrechte Bewegung von sehr gleichförmiger Geschwindigkeit versetzt. Ein Papierblatt, auf welchem die Kurvenlinien aufgezeichnet werden sollen, wird an die Oberfläche der Scheibe befestigt, ein Stab $de$, der in $d$ an der Pulsationsstelle der Hals- oder Arm-Pulsschlagader mit Heftpflaster unverrückbar angebracht wird, gleitet mit sehr geringer Reibung auf zwei Rollen $f$ und $g$ hin und her, ohne seitlich ausweichen zu können. Dieser Stab trägt einen Haarpinsel, oder eine eigenthümliche Feder, die aus einer mit feiner Oeffnung ($b$) versehenen Kapillarröhre besteht (Fig. 286). Diese schreibt mit sehr unbedeutendem Widerstande reine dünne Linien auf geglättetes Papier.

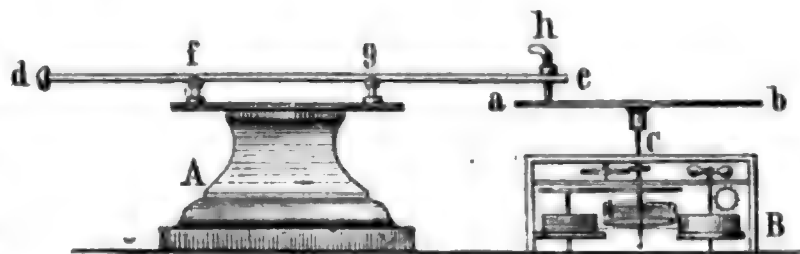


Fig. 285. Valentin's Sphygmograph.

Fig. 286. Schreibfeder zu Valentin's Sphygmograph.

Bleibt $de$ (Fig. 285) ruhig, während sich $ab$ dreht, so zeichnet $h$ einen Kreisbogen $abcd$ (Fig. 287). Wenn sich dagegen $de$ durch den Pulsschlag der Arterie hin und her bewegt, so erhält man die in Figur 287 schematisch dargestellte Kurvenlinie $efg$. Zieht man dann von dem Mittelpunkt der Kreisscheibe zwei Durchmesser nach $b$ und $f$, so wird

der Unterschied von *hb* und *hf* der grössten Differenz des Höhenstandes und der Kraft des Pulses entsprechen, während der Bogen *bc* die Zeitdauer einer Pulswelle angiebt.

Gestützt auf die VIERORDT'sche Erfindung hat Professor MAREY in Paris einen äusserst sinnreichen Apparat zur graphischen Darstellung des Pulses konstruirt. Der MAREY'sche Sphygmograph beruht nämlich auf der Verbindung eines Fühlhebels mit einem Schreibstifte, welcher auf einem vorübergleitenden Papier die Pulskurve notirt. Die Feder *ab* (Fig. 288) liegt bei *b* auf dem Puls auf; sie wird mit jedem Pulsschlag auf- und niedergehoben. Eine Schraube *hik* ist mit der Feder fest verbunden und trägt einen Hebel *cd*, welcher in *c* seinen Stützpunkt hat und durch eine Schraubenmutter *i* an der Schraube *hk* hoch und tief gestellt werden kann. An diesem Hebel ist bei *d* eine nach oben gebogene Stahlschneide angelöthet, welche einen zweiten, in *e* gestützten Hebel *ef* berührt, den sie sehr leicht in eine auf- und abschwebende Bewegung bringen kann. Die Schraube *hk* geht neben diesem zweiten Hebel vorbei. Wird nun bei *b* eine Minimalbewegung durch den Puls hervorgebracht, so theilt sich

Fig. 287. Kurve zu Valentin's Sphygmograph.

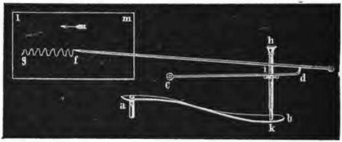



Fig. 288. Wirkung des Marey'schen Sphygmographen.

diese auf- und absteigende Bewegung dem Doppelhebel *cdef* mit und verursacht bei *f* in entsprechender Weise den vergrösserten Ausschlag des Hebelendes. Die Scheibe *lm*, welche in dem MAREY'schen Apparate mit einem Streifen Glanzpapier bedeckt ist, wird durch ein Uhrwerk in der Richtung von *m* nach *l* fortgezogen. Wenn die an dem Ende des Hebels *ef* angebrachte feine Schreibvorrichtung auf dem Papiere ruht, und die Feder *ab* von dem Pulse entfernt ist, so wird durch das Fortschieben der Tafel ein gerader Strich gezeichnet; wird dagegen die Feder *ab*

Digitized by Google

mit dem Pulse in Kontakt gebracht und werden dadurch die Hebelvorrichtungen in Bewegung gesetzt, so entsteht bei *gf* eine Kurve. Figur 289 zeigt zwei mit dem Marey'schen Apparat angefertigte Pulskurven, wie sie auf Papier erscheinen, während die in Figur 290 dargestellte Kurve auf eine angerusste Glasplatte geschrieben wurde.

Die unvermeidlichen Reibungen, welche durch die Berührung der aufzeichnenden Feder mit dem Papier oder mit anderen Unterlagen sich erzeugen, nehmen den auf diese Weise erhaltenen Kurvenlinien einen grossen Theil ihres wissenschaftlichen Werthes; die durch mehrere derartige Apparate erhaltenen Pulskurven weichen wesentlich von einander ab, sodass ein getreuer Ausdruck des Gesetzes der Pulsbewegung

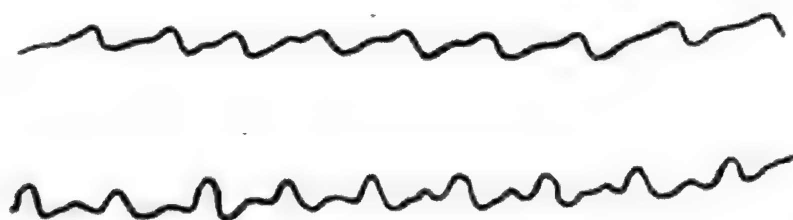


Fig. 289. Darstellungsweise Marey'scher Kurven auf Papier (nach Ranke).

durch diese Methoden nicht ermöglicht wird. Die absolute Genauigkeit wäre nur durch einen vollkommen gewichtlosen Fühlhebel zu erzielen, welcher ohne irgend eine Reibung zu schreiben vermöchte und ohne erheblichen Druck auf der pulsirenden Arterie angebracht werden könnte.

Czermak glaubte diese Aufgabe durch die Benutzung der Lichtstrahlen als Fühlhebel gelöst zu haben. Die Strahlen des Lichtes sind gewichtlos; sie schreiben momentan und ohne jedwede Reibung mit Hülfe der Photographie; sie sind nach seiner Meinung gleichsam als Fühlhebel applizirbar, ohne dass sie die natürlichen Verhältnisse der Pulsbewegung irgendwie verändern. Czermak schlug vor, die Lichtstrahlen durch eine konvexe Linse zu sammeln und an einem auf die Arterie aufzuklebenden halbkugelförmigen Knöpfchen vorbeigehen zu lassen. Der Schatten, welchen dieses Knöpfchen an einer gegenüberliegenden Wand vergrössert werfen würde, gäbe durch seine hüpfende Bewegung eine in hinlänglicher Deutlichkeit photographirbare Kurve. Diesen Gedanken hat Derselbe durch die Konstruktion eines sogenannten Pulsspiegels noch weiter vervollkommnet. Dieser ist ein kleines dünnes Planglas, welches an die

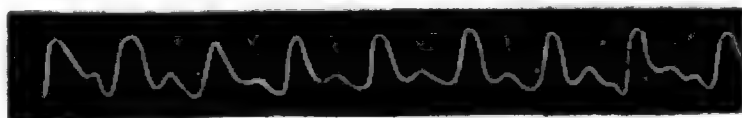


Fig. 290. Darstellungsweise Marey'scher Kurven auf Glasplatten.

pulsirende Arterie derart angelegt wird, dass es mit grösster Präzision den Pulsbewegungen folgt. Die unter einem beliebigen Winkel entweder direkt oder von einem verstellbaren Heliostaten auf das Spiegelchen geworfenen Lichtstrahlen, sei es der Sonne, sei es einer anderen hinreichend konzentrirten künstlichen Lichtquelle, werden reflektirt und entwerfen somit ein Lichtbild, welches auf einer dunkeln Wand oder einem Schirme aufgefangen wird. Um nun diese auf- und absteigenden Lichtbewegungen in eine der Vierordt-Marey'schen analoge Pulskurve zu verwandeln, hat Czermak das vom Pulsspiegel kommende Lichtbild mit einem zweiten Spiegel aufgefangen, welcher um eine vertikale Achse mit gleichförmiger Geschwindigkeit und in rascher Folge gedreht werden konnte. Ein derartiges Lichtbild kann so bewegt werden, dass es sich von einem Ende der Wand zum andern in horizontaler Richtung in einer den Pulsationen entsprechenden Kurve fortzuschieben scheint. Die betreffenden Pulsspiegelbilder eignen sich wol recht gut zu Demonstrationen im Hörsaal, da die Pulsspiegelreflexe sehr gross sind und mit Leichtigkeit von einer grösseren Anzahl von Zuschauern als hüpfendes Lichtbild beobachtet werden können. Dagegen erscheint uns die Einrichtung für photographische Zwecke in keinerlei Weise brauchbar, da einerseits die reflektirten Bewegungen viel zu grosse Dimensionen haben, andererseits die Bewegungs-Mechanik am Pulsspiegel, oder auch der festhaltende Finger, einen unausbleiblichen, störenden Einfluss auf die Richtigkeit der Kurven haben muss. Auch hat Czermak die Photographie des Pulses, über welche er im Jahre 1863 eine Abhandlung in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie veröffentlicht hat, nicht ausgeführt; die gewichtlose Anwendung des Lichtstrahls als schreibender Fühlhebel ist nicht wieder in Rede gekommen, und der Marey'sche Sphygmograph blieb bis jetzt das verbreitetste Instrument zur graphischen Darstellung von Pulskurven. Professor Landois in Greifswalde ist zwar in seinem ausführlichen Handbuche der Sphygmographie (»Die Lehre vom Arterien-Puls« 1872) mit einem neuen Apparate, dem »Angiographen«, aufgetreten und hat versucht, die dem Marey'schen Instrumente anhaftenden Mängel zu beseitigen, welche nach ihm besonders in der bogenförmigen Gestalt der Kurvenschenkel, sowie in der unkontrolirbaren Kraft der auf die Arterie andrückenden Feder ihre Quelle hätten, allein seine Erfindung konnte sich keinen Eingang in die ärztliche Praxis verchaffen und das besonders deshalb, weil einerseits das Instrument zu komplizirt, andererseits die Anwendungsweise auch für den im Experimentiren Geübteren eine äusserst schwierige und zeitraubende ist. Im Uebrigen ist auch bei diesem Apparate die Störung, die ganz besonders hemmend bei dem Marey'schen

Sphygmographen wirkt, nicht beseitigt, nämlich die Reibung der Schreibfeder auf dem Papier.

Um diesen Missstand zu heben, habe ich, angeregt durch CZERMAK's Ideen, versucht, die Schreibfeder an dem MAREY'schen Apparat durch Lichtstrahlen zu ersetzen. Figur 294 zeigt diese Einrichtung; *D* ist das in natürlichen Grössenverhältnissen dargestellte, auf den Puls applizirte MAREY'sche Instrument, *R* ist ein vierseitiger Messingrahmen; der Schenkel $R^2$ ist in seiner vorderen Hälfte wie abgebrochen gezeichnet, damit die dahinter liegenden Theile des Apparates sichtbar werden; man muss ihn zum Bilde ergänzen. Der vierseitige Messingrahmen ist durch zwei bewegliche, mit Tuch gefütterte Blechschienen, von denen, der Perspektive wegen, nur die rechte, *A*, zu sehen ist, auf dem Vorderarm fixirt; jede Schiene hat drei Häkchen, um welche ein befestigendes Seidenband in Achtertouren geführt ist, das Ende des Bandes hängt zwischen den Fingern der Hand herab. Eine elastische Stahlfeder *F* ist auf dem Schenkel *R* des Messingrahmens aufgeschraubt, ihr abgerundetes Vorderende drückt auf die pulsirende Arterie des Handgelenks und wird durch jeden Pulsschlag emporgehoben. Mittels der Schraube *S* kann die Spannkraft der Pulsfeder *F* vermehrt oder vermindert werden. Dort, wo sich diese Feder nach aufwärts zu krümmen beginnt, ist ein Metallplättchen *m* angenietet, mit welchem die Gabel des Hebels $H^1$ artikulirt. Das vordere Hebelende trägt eine quergestellte, vertikal aufgebogene Stahlschneide *n* und hat eine Bohrung, durch welche die Schraube *S* durchgeschraubt ist. Die Schraube *S* steht mit ihrem unteren Ende auf dem Ende der Pulsfeder *F* auf und wird von dieser mit auf- und niederbewegt. Da ihr Gewinde durch die Bohrung des Hebelendes $H^1$ geht, so nimmt sie diesen Hebel und die Stahlschneide *n* bei ihren Bewegungen mit. Auf der Schneide *n* ruht der Holzhebel $H^2$, welcher um die Achse $x$ sehr leicht beweglich ist und gegen die Schneide *n* durch eine zarte Feder *f* sanft angedrückt wird, sodass er den Bewegungen der Feder genau folgen muss. Auf diese Weise wird das Heben und Senken der Pulsfeder *F* auf den Holzhebel $H^2$ üdertragen, dessen freies Ende natürlich die Schwingungen in vergrössertem Masstabe ausführt. Mit Beginn eines jeden einzelnen Pulsschlags der Handgelenkarterie steigt der Holzhebel $H^2$ in die Höhe und sinkt dann wieder herab, um mit dem nächsten Schlage wieder emporzusteigen.

An dem Ende des Hebels $H^2$ bei *k* ist statt der von MAREY angegebenen Schreibfeder ein Schild von schwarzem Glimmer oder feinem Carton, *ik*, angeschraubt, welches bei *o* punktförmig durchbohrt ist. In *C* befindet sich eine Magnesiumlampe mit Uhrwerk, deren Strahlen durch eine

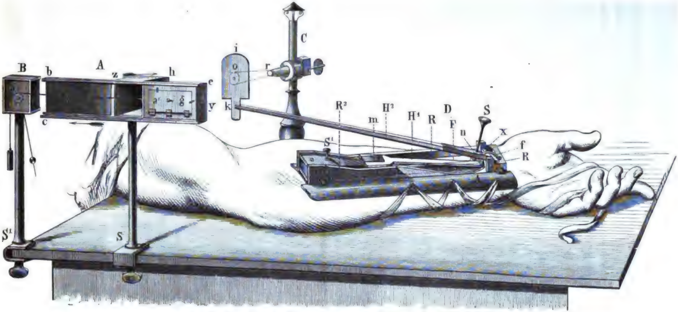



Fig. 291. Marey's Sphygmograph mit Stein's photographischer Einrichtung.

Digitized by Google

bei *r* angebrachte Linse mässig divergent auf die Scheibe *ik* gelenkt werden können, oder auch durch Verschiebung der Lampe und der Linse konzentrirteres Licht vermitteln, sodass bei *o* ein Lichtkreis von ungefähr 1 Centimeter Durchmesser entsteht.

In Figur 292 ist dieses durchbohrte Blättchen besonders abgebildet. In *A* (Fig. 291) befindet sich der entsprechende photographische Apparat, in *B* ein einfaches Uhrwerk. An einer kleinen im Grundriss rechteckig geformten Ausziehcamera, welche in der Richtung *zh* verlängert und verkürzt werden kann, befindet sich ein kleines Objektiv, welches das Bild des Lichtpunktes *o* in dem Blättchen *ik* der an der Camera befindlichen, in unserem Bilde aber weggelassenen matten Visirscheibe übermittelt. Durch Ausziehen der Camera und Annäherung des unter *h* befindlichen Objektivs an den Punkt *o* erscheint dieser auf der matten Scheibe des Apparates vergrössert, bei Zusammenschieben der Camera und bei Entfernung des Objektivs von dem Lichtpunkt *o* erscheint das Bild dieses Punktes verkleinert; *bcey* ist ein langer schienenartiger Schlitten, in welchem die auf kleinen Röllchen laufende Kassette $a^1g$, die eine empfindlich präparirte photographische Schicht enthält, mit Leichtigkeit von *e* nach *b* durch das Uhrwerk *B* gezogen werden kann. Der Faden $aa^1$ rollt sich auf die ausserhalb des Uhrwerks angebrachte Rolle *a*, deren Geschwindigkeitsgang durch einen mit dem Uhrwerk verbundenen Windfang oder durch ein Pendel regulirt werden kann.

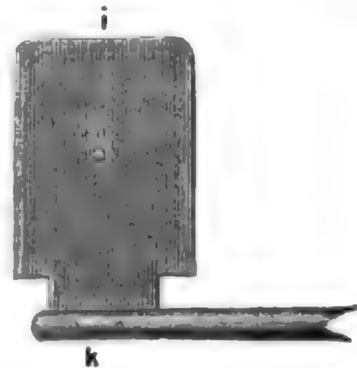


Fig. 292. Das hüpfende Glimmerblättchen (4fache Naturgrösse).

Sonnenlicht oder intensiv chemisch wirksames Magnesiumlicht sind im Stande, auf der kollodionirten Jodsilberplatte momentane Eindrücke hervorzubringen. Der Gang einer Aufnahme mit dem Photosphygmographen ist bei genügender Lichtkraft folgender. Nachdem das Instrument auf den Puls aufgesetzt ist, wird, durch Hochschrauben der Schraube *S*, die Feder *F* ausser Thätigkeit gesetzt und der durch die Magnesiumlampe kommende grell beleuchtete Lichtpunkt *o* auf der matten Scheibe der kleinen Camera eingestellt. Derselbe muss sich unter einer stark vergrössernden Lupe als scharf konturirter kleiner Kreis markiren. Nach Wegnahme der matten Scheibe setzt man das Uhrwerk *B* in Thätigkeit, bis die Kassette *g* vor die Camera gezogen ist und hält wieder ein. Dann zieht man den Schieber der Kassette bei *y* auf, und senkt die Schraube *S* auf die Feder *F*. Dadurch wird diese mit dem Puls in Berührung gebracht und sofort geräth die Scheibe *ik* in hüpfende Bewegung. Sobald man Letzteres bemerkt, wird das Uhrwerk

wieder in Gang gebracht und die betreffende durch den Lichtstrahl *ro* beschriebene Kurve auf der chemisch präparirten in der Kassette *ga* befindlichen Platte photographirt.

Figur 293 zeigt die genaue Kopie zweier mit diesem Apparate gewonnener photosphygmographischer Kurven. *I* ist von einem normalen Pulse, *II* von einem aufgeregten Pulse entnommen (vgl. Fig. 280, 281, 282).

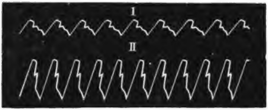


Fig. 293. Photosphygmische Kurven.

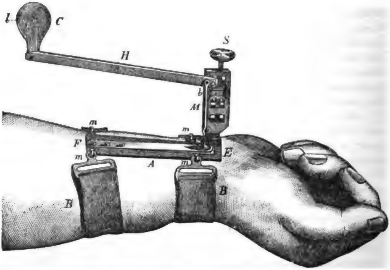


Fig. 294. Verbesserter Pulshammer zur Photographie der Pulskurven.

Dass infolge der minimalen kreisförmigen Bewegung des Hebelendes die Schenkel jedes einzelnen Kurvenwinkels, mathematisch betrachtet, kleine Bogenlinien darstellen, bleibt, in Anbetracht der Kleinheit der betreffenden Bewegungen, ausser Berücksichtigung. Wenn auch die minimale Reibung der Hebelvorrichtungen immer noch einen gewissen Einfluss auf die Kurve hat, so ist derselbe doch so gering, dass

Digitized by Google

der Vortheil, welcher durch die gewichtslose Schreibmethode erzielt wird, für die Berechnung der Pulskurven nicht bezweifelt werden kann.

Statt des Marey'schen Sphygmographen habe ich in neuerer Zeit nach Professor Mach's Angabe einen besonderen Pulshammer konstruirt, welcher in Figur 294 dargestellt ist; er zeichnet die Kurven, die in den Figuren 295, 296, 297 wiedergegeben sind. Der Apparat besteht aus einem Metallrähmchen von Messing, auf welchem die Feder *FE* mittels dreier Schrauben aufgenietet ist. Bei *a* trägt die Feder nach oben einen Messingknopf, nach unten das auf die Arterie drückende runde Hornknöpfchen. Das Messingknöpfchen *a* steht mit dem Metallstäbchen *M* in direkter Verbindung, letzteres artikulirt bei *b* mit dem Fischbeinhebel *H*. Dieses Stäbchen trägt an seinem langen Ende das geschwärzte Glimmerstückchen *C*, welches in der Mitte ein Bohrloch *l* zeigt. Der Stützpunkt des Hebels *H* ist an eine Schlittenschraube *S* befestigt, durch welche die ganze Hebelvorrichtung je nach dem Hoch- oder Tiefliegen der Arterie verschieden gestellt werden kann. *BB* sind Gummibänder, die bei *mmmm* an die vier Zapfen des Rähmchens *FE* zur Befestigung am Arme eingehängt werden können.

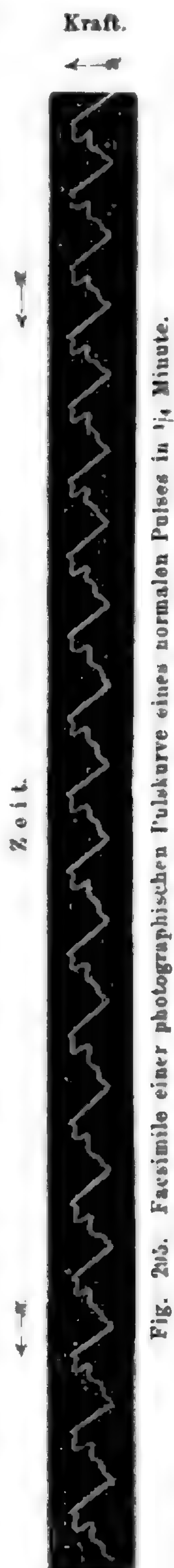


Fig. 295. Facsimile einer photographischen Pulskurve eines normalen Pulses in ¼ Minute.

Die photographische Einrichtung ist derjenigen ähnlich, welche in Figur 276 angegeben ist. Das Uhrwerk befindet sich in der Camera selbst, ein Triebrad greift in eine an dem unteren Rande der laufenden Kassette angebrachte Triebstange, wodurch ein sehr präziser Gang der Kassette erzielt wird. Auch der Kassettendeckel öffnet und schliesst sich, der Expositionszeit entsprechend, durch einen mit dem Uhrwerke verbundenen Mechanismus von selbst. Um zwischen der Marey'schen und der mit unserem Apparate erzielten Pulskurve einen Vergleich zu ermöglichen, gaben wir in Figur 290 das Facsimile einer mit dem Marey'schen Apparat erzielten Kurvenlinie. Die drei Kurven Figur 295, 296 und 297 stellen meinen eigenen Puls zu verschiedenen Tageszeiten, wie solcher mit dem Apparate Figur 294 photographisch aufgenommen wurde, dar. Die Kurve, Figur 295, entpricht einer Zeitdauer von $^1/_4$ Minute, die beiden anderen Kurven, welche hier reproduzirt sind, entsprechen einer Zeitdauer von je $^1/_5$ Minute. Der Puls, wie er in Figur 295 aufgezeichnet ist, wurde Morgens um 8 Uhr in normalem Zustande

aufgenommen. Die Pulskurve, Figur 296, ist dagegen Nachmittags 2 Uhr, nach dem Mittagmahle photographirt, während Figur 297 ein Bild meines Pulses bietet, nachdem ich sechzig Treppenstufen rasch auf- und abgelaufen war. Die Differenzen der drei Pulskurven charakterisiren sich in zweierlei Richtung; einmal in Bezug auf die Zahl der Kurvenhügel, welche den einzelnen Pulsschlägen entsprechen, und zwar sind dieses bei dem ruhigen Pulse (Figur 295) 76 Schläge in der Minute, während die Kurven Figur 296 und 297 einen durch Speisegenuss oder Bewegung beschleunigten Puls von 96 Schlägen in der Minute darstellen — dann aber ist nicht nur in Bezug auf die Raschheit des Pulsschlags eine Veränderung eingetreten, auch die Intensität und Kraft der Blutwelle ist in den Kurven deutlich markirt. Schon die Kurvenhügel nach genossenem Mittagsmahle sind bedeutend höher, als jene des Pulses zur normal ruhigen Zeit; die Kurvenhügel endlich nach der Anstrengung des Treppenlaufens gehen stark in die Höhe, die Pulswelle fällt rasch steil ab, um in einen eigenthümlichen Dikrotismus überzugehen. Dieser Dikrotismus zeigt sich in den drei Pulskurven und ist bei allen dreien ein doppelter; er tritt jedoch besonders schön und sehr gleichmässig an der normalen ruhigen Pulskurve hervor. Für die nichtärztlichen Leser bemerke ich, dass man unter Dikrotismus einen doppeltschlägigen Anprall der Pulswelle an die Arterienwand versteht, eine Eigenschaft des Pulses, welche in krankhaften Zuständen durch den Finger gefühlt werden kann.

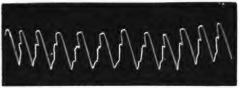


Fig. 296. Photogr. Pulskurve während der Verdauung.

Fig. 297. Photogr. Pulskurve bei aufgeregter Herzthätigkeit.

Ferner sei noch eine von mir beobachtete eigenthümliche Erscheinung, welche jene Kurven bieten, erwähnt. Wir meinen die deutliche Markirung der Pause, welche zwischen der Zusammenziehung und der Ausdehnung des Herzens eintritt. Diese Pause ist bei dem normalen Pulse auf der Höhe des Kurvenhügels durch eine deutliche Querlinie dargestellt, welche sich in den beiden anderen Kurven, Figur 296 und 297, verkürzt, bei der Kurve Figur 297 sogar an einigen Hügeln fast nicht

mehr zu beobachten ist. Ich habe die Dauer dieser Pause an meinem Pulse auf 0,13 Sekunden berechnet, indem ich die Länge der ganzen, in einer bestimmten Zeiteinheit gewonnenen Kurve durch die Länge dieser Strichpause dividirte und dadurch zur mathematischen Genauigkeit des erwähnten Resultates gelangen musste. Auch die Differenz der Strichdicke zwischen auf- und absteigender Pulswelle hat ihre Bedeutung, indem der Strich, welchen das Licht bei der Zusammenziehung des Herzens auf die photographisch empfindliche Schicht beschreibt, rascher bewerkstelligt wird, als der Strich der abfallenden Ausdehnung des Herzens. Das Licht wirkt dort rascher, hier langsamer; es reduzirt demnach dort weniger, hier mehr Silber auf der Platte und man kann durch photometrische Messungen dieser Strichdicken die Differenz der Kraft von Zusammenziehung und Ausdehnung des Herzens berechnen. Ich bin überzeugt, dass die photographische Darstellung des menschlichen Pulses im gesunden und kranken Zustande auch für die praktische Medizin noch bedeutende Erfolge erzielen wird, da die chemisch-lichtempfindliche Platte rascher percipirt, als das Gefühl unseres Fingers, ja sogar empfindlicher ist, als der prüfende Blick unseres Auges.

Fig. 298. Photosphygmograph ohne Hebelvorrichtung.

Die Reibungen, welche bei dem Photosphygmographen (Figur 294) in minimaler Weise noch vorkommen können, kann man durch vollkommenes Weglassen des Hebels auf Null reduziren, wenn man nämlich das durchbohrte Scheibchen direkt mittels eines kleinen Stabes (Fig. 298) auf die Pulsader aufsetzt und die mit diesem Apparate darzustellende niedrige Kurve auf photographischem Wege mit einem Steinheil'schen Aplanat vergrössert. Es würde alsdann diese Vorrichtung der Czermak'schen Idee des gewicht- und reibungslosen Aufzeichnens der Pulswelle am nächsten kommen.

#### b. PHOTOGRAPHISCHE DARSTELLUNGEN MIT DEM PHYSIOLOGISCHEN TRANSMISSIONSAPPARATE.

Im Zusammenhang mit seinem Sphygmographen hat Marey einen Apparat ersonnen, um die Bewegungen des Herzschlages, des Pulses, des Athmens, der Muskelkontraktionen u. s. w., durch eine auf die Gesetze des Luftdrucks gestützte Vorrichtung, den sogenannten »Tambour à levier«, fortzuleiten und auf einer Fläche graphisch darzustellen. Dieser Apparat hat folgende Einrichtung:

Eine neusilberne ungefähr 5 Centimeter breite und 1 Centimeter tiefe Metallkapsel ist auf der einen Seite mit einer Kautschukmembran versehen; die andere Seite trägt einen Metalldeckel, in welchen ein kleines Röhrchen, das in das Lumen der Trommel führt, eingelöthet ist. An diesem Röhrchen ist ein Gummischlauch von mehreren Metern Länge eingefügt, welcher seinerseits wieder mit einer zweiten derartigen Trommel in Verbindung steht. Diese zweite Trommel ist mit einem an dem senkrechten Stäbchen des Sphygmographen (Fig. 299) angebrachten Hebelarme verbunden, dessen Ende in eine Spitze ausgeht, die zum Schreiben auf berusste Glasflächen bestimmt ist. Wird nun auf die Membran der ersten Trommel ein Druck nach einwärts ausgeübt, so wölbt sich die Membran der anderen Trommel in die Höhe und mit diesem Erhöhen hebt sich in vergrössertem Masstabe das spitze Ende des Hebels. Hört der Druck gegen die erste Trommel auf, so senkt sich in gleichem Masstabe das spitze Ende des Hebels an der zweiten Trommel. Wird das Eindrücken und Loslassen der Membran der ersten Trommel verschiedene Male hinter einander wiederholt, so hebt und senkt sich der Hebelarm der anderen Trommel korrespondirend mit dem abwechselnden Fingerdruck auf die erste Trommel. Die Ursache dieser fortgeleiteten Bewegung liegt in dem Verschieben der zwischen den beiden Trommeln in dem Gummischlauch befindlichen Luftsäule. Wird z. B. die erste Trommel auf die Brust eines Menschen leicht aufgesetzt, so wird durch die Bewegung des Thorax beim Ein- und Ausathmen ein Druck auf die Membran der Trommel ausgeübt; auf diese Weise registrit sich durch den am entgegengesetzten Ende an der zweiten Trommel befindlichen Hebel die Zahl der Ein- und Ausathmungen auf eine mit Hülfe eines Uhrwerks vorbeigleitende berusste Glasscheibe. Bei der ungemein leichten Beweglichkeit dieser Vorrichtungen können die verschiedensten minimalen Bewegungen des Organismus weiter fortgeleitet und dargestellt werden. Der Vortheil, den diese Methode bietet, liegt besonders in dem Umstande, dass zum Versuch bestimmte Thiere in einem dem Auditorium benachbarten Zimmer für die Experimente vorbereitet und dann die in Frage kommenden Bewegungen durch »Lufttelegraphie« in dem Auditorium der Zuhörerschaft vor Augen geführt werden können. Von ganz besonderem Vortheile ist dieser Fortleitungsapparat zur photographischen Darstellung des Pulses kranker, zu Bette liegender Personen. Vom Krankenbette wird der Gummischlauch in ein benachbartes Zimmer geleitet, woselbst die Pulskurven des Patienten sich automatisch-photographisch aufzeichnen. Auf diese Weise können die geringsten Schwingungen mit Benutzung der MAREY'schen Instrumente photographirt werden.

Diese vorzügliche Methode wird durch Marey weiter dahin verwerthet, dass er die zweite Trommel mit einer elektrischen Projektionslampe (vergl. Kapitel XII) in direkte Verbindung bringt und mit Hülfe einer guten Laterna magica die Kurven im Momente ihrer Entstehung auf eine circa 5 Meter breite, durch das elektrische Licht beleuchtete Wand wirft, wodurch zugleich die Experimente einem grossen Zuhörerkreis sichtbar werden.

In Fig. 299 sind die Modifikationen dieser Transmissionsmethode abgebildet, wie ich solche zum Photographiren des Pulses verwerthet habe.

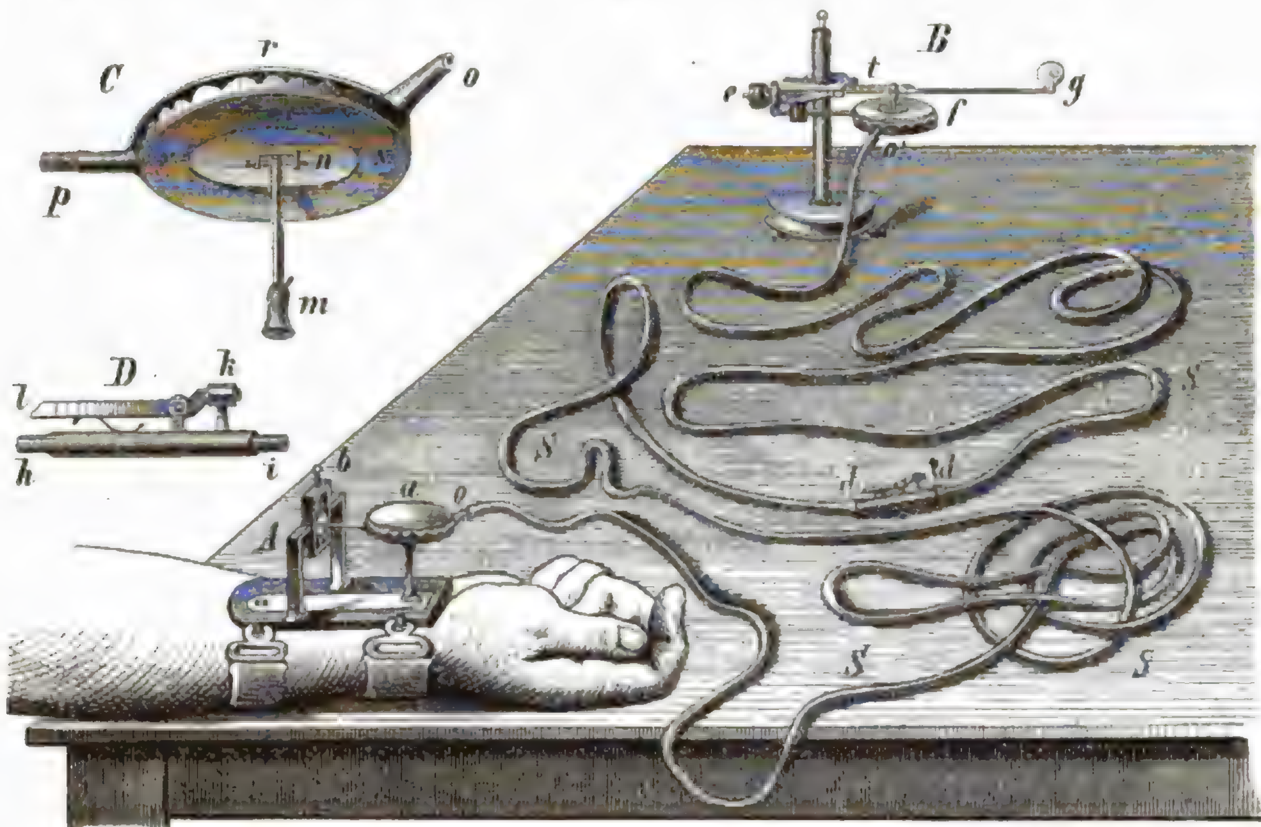



Fig. 299. Transmissionsapparat zur Photographie des Pulses.

An Stelle des in Figur 294 abgebildeten Hebels ist eine Leitungstrommel (Figur 299 *a*) angebracht, welche durch eine Schlittenschraube *b* hoch und tief gestellt werden kann, je nachdem es die Spannung der auf dem Pulse aufliegenden Feder verlangt. Die untere Seite der Kapsel *a* ist seitlich bei *C* vergrössert abgebildet; *p* ist die Stelle, bei welcher dieselbe in den Schlitten *b* eingeschraubt wird, *r* zeigt den oberen metallischen Theil, *y* eine über die Metallkapsel gespannte Membran, auf welcher sich ein dünnes aufgeleimtes Metallplättchen *n* befindet. Dieses Metallplättchen artikulirt mit dem Stäbchen *m n*, welches seinerseits wiederum mit der Pulsfeder durch ein Gelenk verbunden ist. Mit jedem Pulsschlage wird das Stäbchen *m n* und mit ihm die Membran *y* etwas gehoben. Durch diese Hebung wird eine kleine Quantität Luft

verdrängt, welche nur bei *o* entweichen kann; an dieser Stelle ist der erwähnte Gummischlauch befestigt, welcher zu dem Apparate *B* führt. Durch den Druck auf die Kapsel *a* wird demnach die ganze Luftsäule von *o* bis *o'* in dem Masse erschüttert, als auf die Membran *y* jener Druck ausgeübt wird.

An der entgegengesetzten Stelle bei *B* befindet sich der Registrirungsapparat. Auch dieser besteht aus einer mit Kautschuk bespannten Metalltrommel, bei welcher jedoch die Membran nach oben gekehrt ist.

Ein zweites Stäbchen *o' t* artikulirt hier mit dem Hebel *tg*. Wird nun die Membran der Kapsel *a* bei *A* etwas eingedrückt, so hebt sich infolge der Luftspannung die Membran der Kapsel *f* bei *B*, mit ihr das kleine Metallstäbchen und durch dessen Vermittlung der Hebel *tg*, an dessen Ende das uns bekannte Papp- oder Glimmerscheibchen (vgl. Fig. 292) befestigt ist. Durch das stete Heben und Senken des Pulses bei *A* wird der Hebel *tg* in eine dieser Bewegung gleiche Schwingung versetzt. Lässt man nun einen Lichtstrahl durch *g* gehen, so kann nach der von uns Seite 315 angegebenen Methode der Puls *A* in beliebiger Distanz aufgezeichnet oder photographirt werden. Der Verbindungsschlauch S *S* kann zur Transmission derartiger Bewegungen verhältnissmässig sehr lang sein; ich habe schon solche bis 60 Meter Länge angewendet. Die Luft im Schlauche und unter den Membranen soll immer dem Drucke der äusseren Luft das Gleichgewicht halten. Um diesen Zweck zu erreichen, ist bei *dd* ein kleines Ventil angebracht, welches von Zeit zu Zeit geöffnet wird, sobald die Luft in dem Röhrensystem komprimirt oder verdünnt ist, was sich bei *B* durch schiefe Stellung des Hebels *tg* nach oben oder unten zeigt. Kompression oder Verdünnung der Luft im Röhrensystem entsteht gewöhnlich bei dem Aufsetzen des Apparates auf eine Körperstelle, da die auf die Oberfläche der Haut drückende Feder je nach Wölbung oder Vertiefung des betreffenden Körpertheiles sich hebt oder senkt und hierdurch abwechselnd geringe Kompression oder Verdünnung der eingeschlossenen Luftsäule eintritt. Dieselbe Erscheinung findet durch minimale Luftkompression bei dem Anfügen des Schlauches an die Apparate bei *o* und *o'* statt. Die korrigirende Ventilvorrichtung ist bei *D* (Figur 299) in halber Naturgrösse abgebildet; *lk* ist ein Hebel, welcher auf dem Metallrohr *hi* befestigt ist und bei *k* ein senkrecht eingefügtes Röhrchen mittels Gummiverschlusses sperrt; bei *h* und *i* werden die Schlauchtheile *ss* angefügt. Wird nun auf *l* ein Druck ausgeübt, so öffnet sich der Verschluss *k* und es kann Luft aus dem System entweichen oder in dasselbe eindringen. Bei *e* (Figur 299 *B*) ist eine Mikrometerschraube angebracht, durch welche der Hebel *tg* verlängert und verkürzt werden kann.

Die Vortheile dieses Apparates zur Darstellung von Pulsphotographien kommen nach drei Richtungen hin besonders in Betracht: zunächst kann der Arm *A* jede beliebige Stellung annehmen und trotzdem werden die Pulserschütterungen immer gleichmässig fortgeleitet. Ferner kann der Registrirungsapparat *B* stets eine bestimmte und absolut ruhige Stellung beibehalten, ein für photographische Darstellungen höchst wichtiger Vortheil; endlich kann, wie wir schon oben bemerkt, der Puls eines Kranken, während dieser sich in beliebiger Lage im Bette befindet, in einem benachbarten Zimmer photographisch aufgezeichnet werden, ohne dass die Aufmerksamkeit des Kranken zu sehr erregt und derselbe in irgend einer Weise geistig angestrengt wird.

Der in Figur 300 abgebildete Apparat dient zur Fortleitung der Herzaktion und der Athembewegungen. Im Inneren einer hölzernen Glocke *ef*, deren Boden durchbohrt ist, sitzt eine Metallkapsel, welche analog der oben (Fig. 299 *C*) geschilderten Vorrichtung gebaut ist; dieselbe unterscheidet sich von jenem Apparate nur dadurch, dass das artikulirende Stäbchen durch einen Holzknopf *a* ersetzt wird, welcher in eine aufgeleimte Aluminiumplatte *h i* eingelassen ist. Im Innern der Kapsel ist eine leichte Feder angebracht, welche die Membran etwas nach aussen hebt. Die Schraube *g* dient zur Spannung der Feder *c*, wodurch die ganze Kapsel vor- und rückwärts geschoben werden kann. Wenn man die Holzglocke mit den Rändern an die Brustwand befestigt — was mit einem Gürtel in der Weise geschieht, dass der hüpfende Knopf *a* auf den Ort zu ruhen kommt, welchen man untersuchen will — so wird man mit dem Knopfe einen mehr oder weniger starken Druck auf die betreffende Stelle ausüben können. Diesen Zweck erreicht man durch Drehen an der Scheibe *dd*. Der beschriebene Apparat kann sowol bei Menschen als auch bei Thieren angewendet werden; er dient ebensowol zur Registrirung des Herzschlages als auch der Athembewegungen; bei *b*

Fig. 300. Transmissionsapparat für Herzschlag und Athmung.



Digitized by Google

ist der Leitungsschlauch angebracht, welcher wie bei dem Puls-Transmissionsapparat (Figur 299) zu der Registrirungstrommel führt. Herzschlag und Athembewegungen zeichnen sich zu gleicher Zeit auf, indem die kleinen Kurvenhügel der Herzbewegungen auf den grösseren Kurvenhügeln der Athembewegungen aufsitzen, wie solches in Figur 301 anschaulich gemacht ist; während nämlich das Herz thätig ist, bewegt sich der ganze Brustkorb in längeren Zwischenräumen allmählich auf und nieder, was eine Wellenbewegung der ganzen Herzkurve bedingt. Unsere Figur zeigt die Herzschlags- und Athmungskurve eines Kaninchens, auf dessen Brustwand der in Figur 300 abgebildete Apparat befestigt worden war.

Fig. 301. Herzschlags- und Athmungskurve eines Kaninchens. (Nach Marey.)

##### c. PHOTOGRAPHISCHE DARSTELLUNGEN MIT MANOMETRISCHEN APPARATEN.

Das Kymographion, das Spirometer, das Pneumatometer sowie alle ähnlichen Instrumente, welche mit Quecksilbermanometern verbunden sind und durch Flüssigkeits- oder Luftdruck in Bewegung gesetzt werden, kann man leicht in photographische Schreibapparate umwandeln. So ist z. B. das von Ludwig erfundene Kymographion, welches die verschiedenartigsten Dienste bei physiologischen Untersuchungen leistet, für photographische Aufzeichnungen besonders geeignet. Ein Uhrwerk *C* (Figur 302) dreht den mit einem Papierbogen bespannten Cylinder *B* mit einer dem Beobachter bekannten Geschwindigkeit um seine Achse. Die gebogene, mit Quecksilber gefüllte Manometerröhre *a* ist bei *g* durch Vermittlung der Kautschukröhre *gh* mit der Arterie eines lebenden Thieres in Verbindung gebracht; der eine Schenkel der Quecksilbersäule *dc* trägt einen Schwimmer, an welchem ein Leitungsstäbchen *bc* befestigt ist. Dieses Leitungsstäbchen geht innerhalb des längeren Schenkels des Glasmanometers auf und nieder. Der obere Knopf des Stäbchens (*p*) ist durchbohrt und trägt ein Querstäbchen *a*, an welchem bei *i* ein Pinsel oder eine schreibende Feder befestigt ist. Ist das Uhrwerk *C* in Thätigkeit und bleibt während dessen der Stab *pi* in Ruhe, so beschreibt er eine wagerechte Linie auf dem sich drehenden Cylinder *B*. Wird hingegen die Quecksilbersäule *cde* auf- und niedergetrieben, so zeichnet der Pinsel die Schwankungen nach und aus der wagerechten Linie wird eine Kurve. Wird z. B. der Hahn bei *f* geöffnet, so strömt eine Blutwelle aus *kl* in das Rohr *gh* ein und mischt sich mit einer

Salzlösung, welche den Raum von *f* bis *e* ausfüllt; bei jedem Herzstoss wird eine gewisse Erschütterung der Blutwelle und dadurch ein Auf- und Absteigen der Quecksilbersäule *edc* bewirkt; diese Erschütterung wird sich als Kurve (Fig. 303) bei *ni* aufzeichnen.

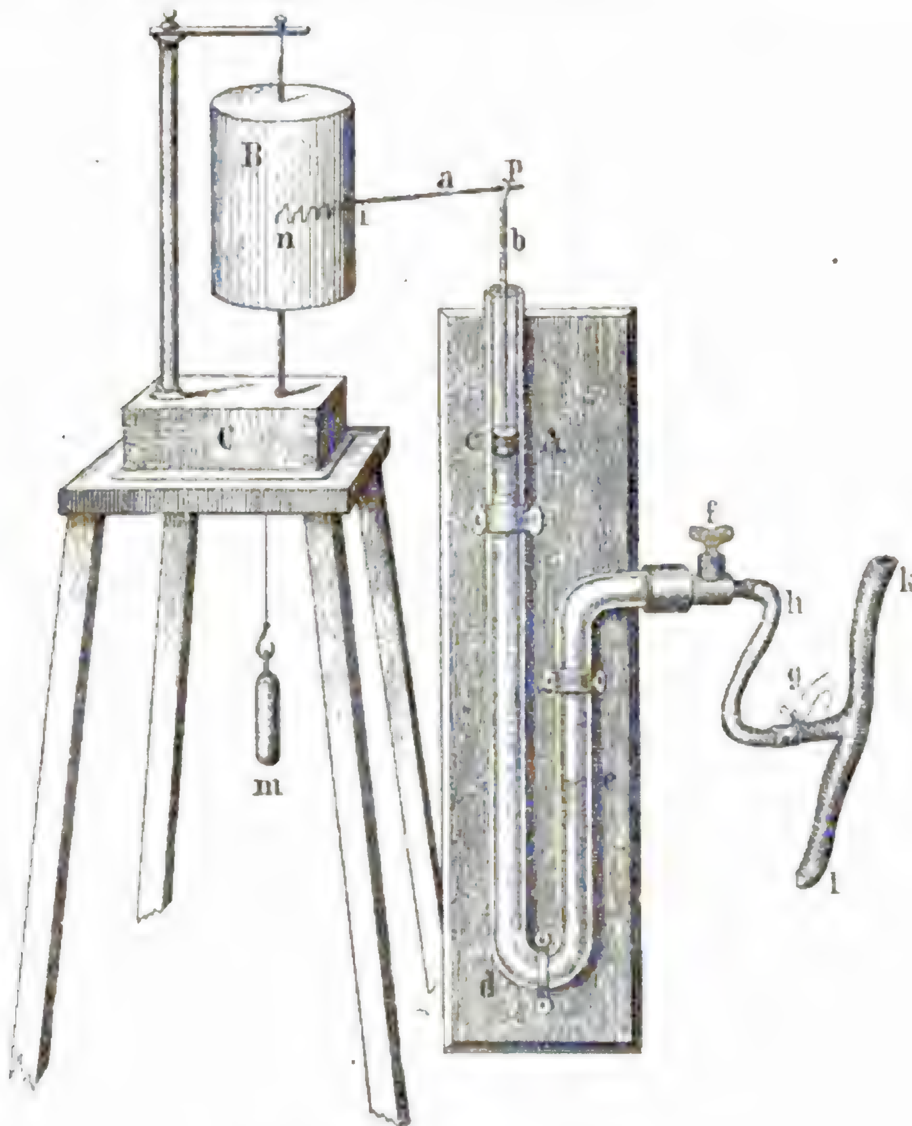



Fig. 302. Ludwig's Kymographium.

Durch die Reibungen bei *c*, *p* und *i* werden sich Ungenauigkeiten einschleichen, welche durch Anwendung unserer Methode der photographischen Lichtaufzeichnung vermieden werden, indem die Bewegungen der Quecksilbersäule in gleicher Weise wie bei dem in unserem Kapitel VI (Meteorologie) geschilderten Barographen photographirt werden können. Wir denken uns zunächst in Figur 302 den Schwimmer *c* und das Stäbchen *b*,

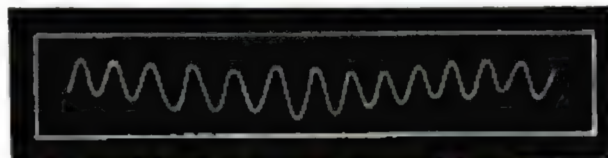


Fig. 303. Schema einer kymographischen Kurve.

sowie das ganze Uhrwerk hinweg. In ein Bret *A* (Fig. 304) ist von *r* bis *s* genau hinter dem Manometer ein sehr feiner Spalt eingesägt.

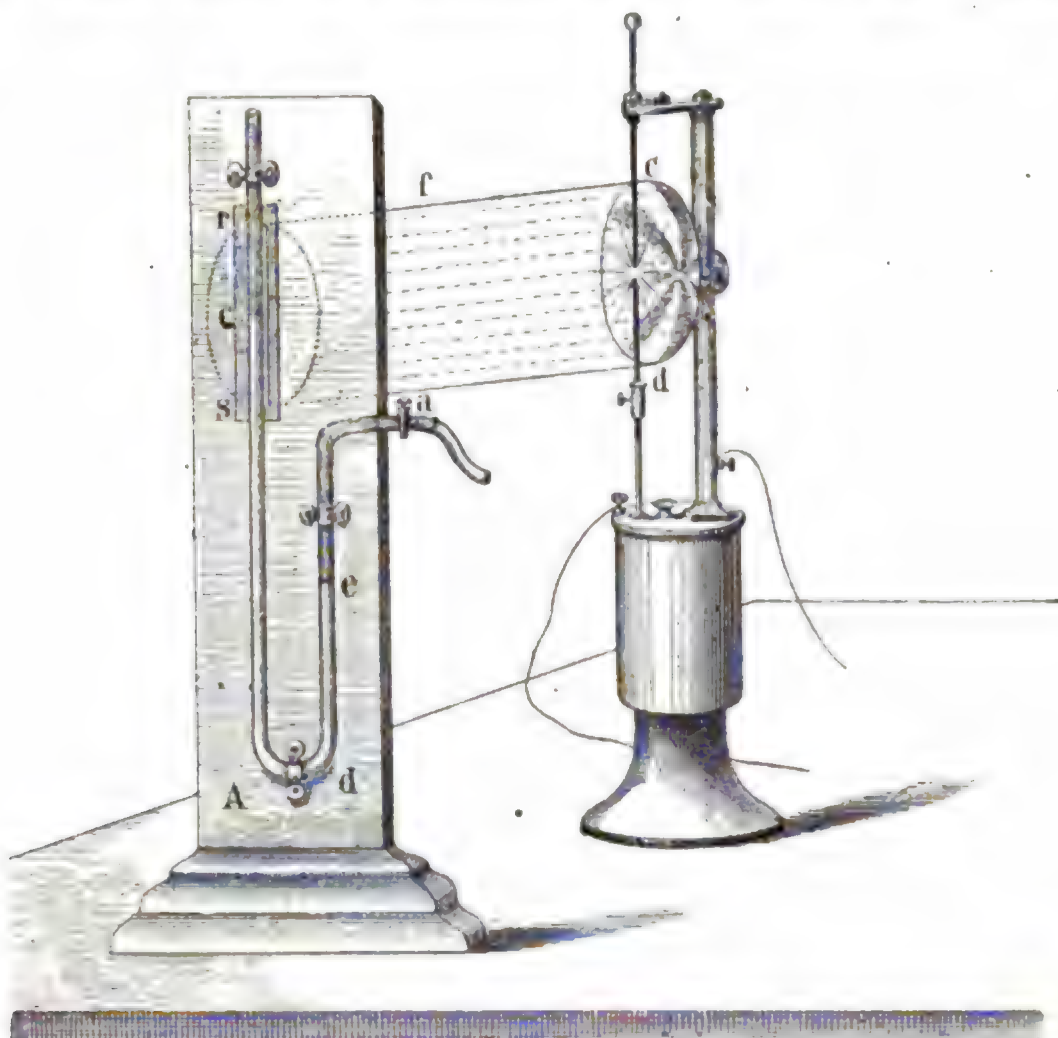



Fig. 304. Photo-Kymographium mit elektrischem Licht.

Hinter demselben befindet sich die Lichtquelle, z. B. eine elektrische Lampe, deren Hohlspiegel *cd* nach *rs* parallele Strahlen wirft, welche durch ein weites geschwärztes Rohr *cdaf* zusammengehalten werden.

Auch durch eine zwischengeschobene halbcylindrische Linse kann der ganze Spalt *rs* grell beleuchtet werden. Vor dem Manometer ist die in Figur 306 unter *A* gezeichnete photographische Einrichtung angebracht. Soll nun der Apparat in Wirksamkeit treten, so wird das von der elektrischen Lampe kommende Licht durch die Quecksilbersäule aufgehalten, über derselben aber, wie z. B. von *c* bis *r*, durchgelassen werden.

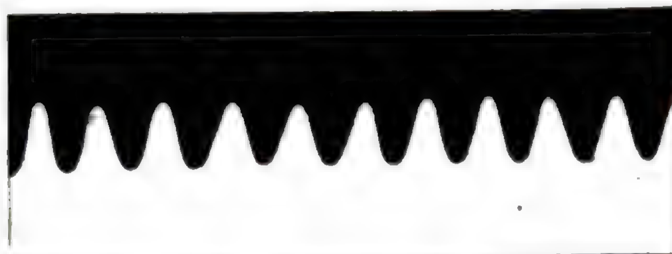


Fig. 305. Schema einer photokymographischen Abbildung (mit dem Apparate Figur 304).

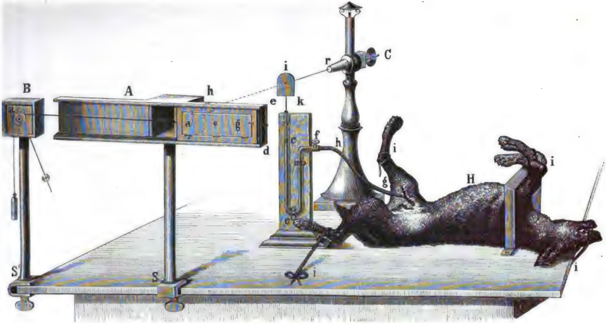



Fig. 306. Stein's Photokymographium.

Ruht die Quecksilbersäule und wird der photographische Apparat und das Uhrwerk *B*, Figur 306, in Thätigkeit gesetzt, so wird sich die Lichtwirkung auf der bewegten empfindlichen Platte durch eine gerade Grenzlinie markiren; es wird die eine Hälfte der Platte nach der Entwicklung schwarz, die andere durchsichtig erscheinen. Ist dagegen nach Oeffnung des Hahns *f* die Blutcirkulation in Thätigkeit und schwankt die Quecksilbersäule *cde* auf und nieder, so wird die entsprechende Grenze der Lichtwirkung, welche sich soeben als gerade Linie aufgezeichnet hat, eine den Blutdruckbewegungen entsprechende Kurve bilden (Figur 305). Diese Methode ist bei allen mit einem Manometer in Verbindung gebrachten hydraulisch- und pneumatisch-physiologischen Apparaten leicht anwendbar. Uebrigens kann an jedem Manometer, ähnlich wie bei der Aufzeichnung des Pulses, die durchbohrte Pappscheibe *kie* auf das Leitungsstäbchen *ck* aufgesetzt werden (Fig. 306). Der Gummischlauch *zh* führt hier, wie bei der Einrichtung Fig. 302, die Blutwelle aus der Schenkelschlagader des Versuchsthieres *H* in die Manometerröhre *fec*. — Bei *c* befindet sich ein Schwimmer, der durch die Schwankungen der Quecksilbersäule auf- und abgeht.

Fig. 307. Photokymographische Kurve (mit dem Apparate Figur 306).

Diese Bewegungen macht die von *r* aus beleuchtete Oeffnung im Pappscheibchen mit, sodass bei dem Vorbeigleiten der Kassette *d* das an der Camera *h* befindliche Objektiv eine entsprechende Kurve aufzeichnet.

Wie in Figur 291 sind die Apparate bei *s* und *s'* an den Tisch angeschraubt, während das Versuchsthier bei *i* an den Tisch befestigt ist. Jede Pulswelle des Thieres wird durch diese Vorrichtung mittels Sonnenlichtes oder des Lichtes der Magnesiumlampe *C* photographisch-automatisch aufgezeichnet, wie die zugehörige Kurve (Fig. 307) beispielsweise beweisen soll. Während die erste grössere Hebung im absteigenden Schenkel die durch die Aortenklappen bedingte Rückstosselevation darstellt, scheinen die übrigen Zacken infolge der vom Blutdrucke unabhängigen Schwankungen der Quecksilbersäule entstanden zu sein.

### d. PHOTOGRAPHIE DER BEWEGUNGEN VOM KÖRPER GETRENNTER THEILE.

Sowol die selbstthätige Aktion eines ausgeschnittenen Thierherzens, als auch der Einfluss des galvanischen Stromes auf ein solches, sowie

auf frische Muskeln oder Muskelstückchen, die vom Organismus abgetrennt worden sind, können in Kurvenform dargestellt werden. Um derartige Bewegungen photographisch aufzuzeichnen, dient der in Figur 308 abgebildete kleine Apparat. Das Thierherz (z. B. ein Froschherz) wird in eine kleine vertiefte Masse von Wachs eingelegt, welche man sich jedesmal zu dem betreffenden Objekte passend anfertigt. Eine derartige Wachsunterlage klebt man auf das Metalltischchen *a* fest. Ueber demselben befindet sich ein leichter Hebel *fd*, welcher bei *d* ein sehr empfindliches Gelenk hat und durch eine Schraube vor- und rückwärts geschoben werden kann; zwischen diesem Hebel und dem zu untersuchenden Herzen ist ein kleiner Cylinder *b* von Hollundermark angebracht, welcher dem Hebel in *c* einen Stützpunkt verleiht und mittels einer an sein unteres Ende befestigten kleinen Nadelspitze in die Stelle des Herzens eingesenkt wird, welche man untersuchen will. Die Bewegungen des in Figur 308 auf das Tischchen *a* aufgelegten Froschherzens verursachen ein Auf- und Abgehen des Hebels *fd*; bei *f* befindet sich das uns bekannte durchbohrte Glimmerblättchen, durch welches der Lichtstrahl beim Photographiren geleitet wird. — Die Schrauben *gg* an dem Stativ *m* dienen zur Auf- und Abwärtsbewegung der einzelnen Theile des Apparates, sowie zur Befestigung kleiner Muskelstückchen, deren Zuckungen man graphisch darstellen will. Um letzteren Zweck zu erreichen, wird die Stellung der ganzen Hebelvorrichtung insofern verändert, als die Theile zwischen *fdg* unter die Stange *h*, welche das Tischchen *a* trägt, zu stehen kommen. Das Tischchen *a* wird von der kleinen Querstange *h* abgeschraubt und an seine Stelle eine runde Oese befestigt, an welche das Muskelstückchen angehängt wird. Dieses wird hierauf mit seinem unteren Ende an den nun unterhalb befindlichen Hebel mittels eines Fadens angeknüpft und zwar an dieselbe Stelle *c*, wo in Figur 308 das Hollundermarkstückchen *b* sich befindet; wie hier durch die Bewegungen des Herzens der Hebel sich emporhebt,

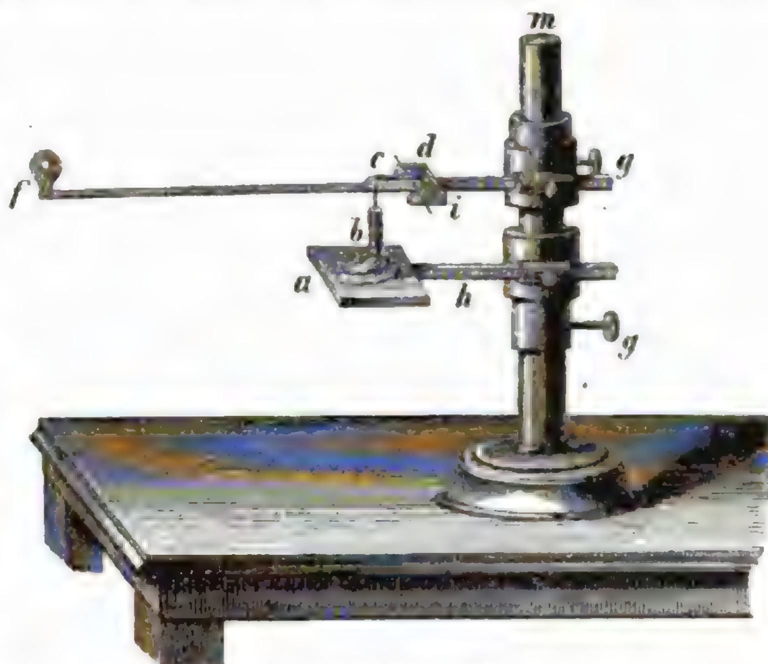



Fig. 308. Apparat zur Photographie von Muskelzuckungen.

so wird durch die Aktion herabhängender Muskelstückchen derselbe Hebel, entsprechend den Muskelzuckungen, mit raschen Intervallen nach oben gezogen und wieder gesenkt, wodurch ein schnelles Vibriren des Glimmerblättchens *f* entsteht. Die Leitung der Lichtstrahlen, sowie die photographischen Manipulationen wiederholen sich hier auf gleiche Weise, wie bei den übrigen Apparaten. Auf eine ähnliche Vorrichtung, welche Czermak zur optischen Darstellung der Herzaktion angegeben hat, werden wir in einem der nächsten Kapitel zurückkommen.

### e. Photographie der menschlichen Temperatur.

Neben der exakten Beobachtung der Pulsbewegungen giebt die Schwankung der menschlichen Temperatur in vielen Krankheitsfällen das Hauptkriterium zur Beurtheilung des Krankheitsverlaufes an, und hat die neuere Medizin gerade in dieser Richtung einen so bedeutenden Aufschwung genommen, dass in der That eine neue Aera für die Diagnostik und Prognostik der fieberhaften Krankheiten erstanden ist. Die ersten Temperaturbeobachtungen am menschlichen Körper sind ungefähr gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts von Boerhave und van Swieten, sowie im Jahre 1760 von de Haen, welcher das Steigen der Körperwärme im Fieber entdeckte, gemacht worden, aber erst hundert Jahre später gelangte man dazu, die Wichtigkeit jener Beobachtungen zur Anerkennung zu bringen. In den Arbeiten von Baerensprung (1851), Traube (1852) und Wunderlich (1863) sind die Grundzüge einer systematischen Temperaturmessung niedergelegt, welche seit 20 Jahren auf fast allen Kliniken als wichtigstes Untersuchungsmittel gelehrt und konsequent durchgeführt werden. Seit einer Reihe von Jahren pflegt man auch die Temperaturschwankungen graphisch und zwar in Kurvenform zu registriren. Um diese Notirungen von Fehlern subjektiver Auffassung möglichst unabhängig zu machen, habe ich einen Apparat konstruirt, welcher analog dem im meteorologischen Kapitel beschriebenen Thermographen und Magnetographen, in fortwährender Thätigkeit photographirte Temperaturkurven zu liefern im Stande sein wird.

Es ist leicht einzusehen, dass wir zu photographischen Zwecken keine Quecksilberthermometer benutzen können. Derartige Instrumente werden zur Bestimmung der Temperaturverhältnisse des menschlichen Körpers mit irgend einer tief liegenden Stelle der Körperoberfläche, z. B. der Achselhöhle, in Berührung gebracht, daselbst 10 Minuten bis $^1/_4$ Stunde belassen und die Höhe der Körperwärme an den Graden der Glasröhre abgelesen. Eine photographische Darstellung dieser Quecksilbersäule ist wegen der Lage des Instrumentes, sowie wegen der Unruhe des Patienten undenkbar.

Dagegen bietet uns die Physik in den thermo-elektrischen Säulen sehr empfindliche Instrumente, welche in Verbindung mit dem Galvanometer die feinsten Temperaturdifferenzen auf das Genaueste angeben, wie schon E. Hankel vor mehreren Jahren nachgewiesen hat.

Werden zwei Metallstäbe so an den Enden zusammengelöthet, dass sie gleichsam ein kontinuirliches Stück bilden, so cirkulirt, sobald an den beiden Löthstellen eine verschiedene Temperatur entsteht und so lange dieser Temperaturunterschied unterhalten wird, ein elektrischer Strom. Figur 309 stellt eine Vorrichtung dar, durch welche dieses Phänomen mit Leichtigkeit nachgewiesen werden kann. *po* ist ein Stäbchen von Wismuth, *mn* ein auf das Wismuthstäbchen aufgelötheter Antimonbügel, *a* eine frei balancirende Magnetnadel. Steht der Apparat im magnetischen Meridian, nach Norden, so wird die Nadel mit beiden Metallstäbchen in einer Richtung stehen. Sobald nun irgend ein Ende der zusammengelötheten Metallstäbchen erwärmt wird, z. B. bei *o* in unserer Figur, so wird die Magnetnadel nach einer bestimmten Richtung abgelenkt. Lässt man dagegen die betreffende Stelle erkalten, und sinkt deren Wärmegrad unter die Temperatur der umgebenden Luft, so wird die Magnetnadel nach der entgegengesetzten Seite ausschlagen. Diese Ablenkungen der Magnetnadel nach rechts oder nach links zeigen galvano-elektrische Strömungen an, deren Intensitäten der Temperaturdifferenz der Löthestellen proportional sind.

Fig. 309. Wirkung des thermo-elektrischen Stromes.

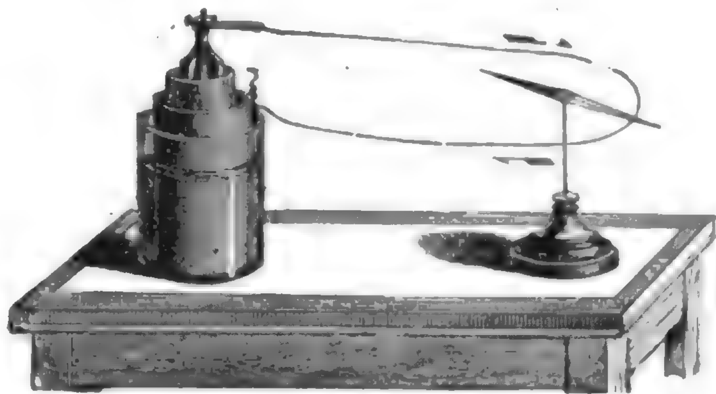


Fig. 310. Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom.

Wird ein beliebiger galvanischer Strom um eine Magnetnadel geleitet (Fig. 310) und umkreist derselbe die Nadel in einer bestimmten Stärke, so macht sie je nach der Richtung des Stroms einen Ausschlag nach rechts oder links. Fast alle schweren Metalle sind zur Bildung

einer thermo-elektrischen Kombination geeignet, am empfindlichsten jedoch haben sich Zusammensetzungen von Wismuth und Antimon erwiesen. Werden mehrere Wismuth- und Antimonstäbchen in abwechselnder Reihenfolge (Fig. 311 *B*) an einander gelöthet, so entsteht eine Addition der in den einzelnen Stäbchenpaaren durch Erwärmung der Löthstellen erregten elektrischen Ströme. Wenn man eine grössere Anzahl solcher Stäbchenpaare zu einer »thermo-elektrischen Säule« (Fig. 311 *A*) vereinigt, welche an zwei Endpunkten mit einem galvanischen Messapparate verbunden wird, so können die geringsten Temperaturdifferenzen nachgewiesen werden. Schon das Annähern der Hand, eine am Himmel vorbeiziehende wärmestrahlende Wolke, ein leichter Hauch aus der Ferne, veranlassen ein Ausschlagen der Magnetnadel am Galvanometer.

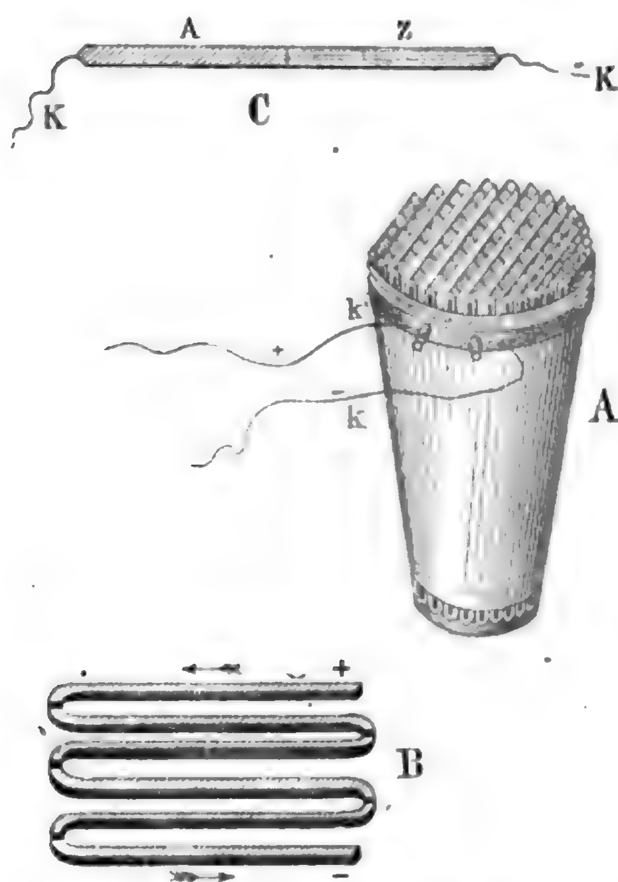


Fig. 311. Thermo-elektrische Säule.

Zum Nachweis der ziemlich bedeutenden, am menschlichen Körper vorkommenden Wärmedifferenzen hat man nur nöthig, zwei verschiedenartige Metallstücke, z. B. Kupfer und Eisen, an einander zu löthen und an der Löthestelle zwischen *A* und *Z* (Fig. 311 *C*) zusammenzubiegen. Die Löthestelle der Metallstücke wird bei der Untersuchung in die Achselhöhle, oder in den Mastdarm eingeschoben, während die Enden derselben hervorstehen und mit Leitungsdrähten verbunden sind. Der Apparat *A* Figur 311 hat eine konische Form, um mit Leichtigkeit in die Zugänge des menschlichen Körpers eingeführt werden zu können; er dient für den Nachweis minimaler Temperaturveränderungen, und wird, zur Erzielung einer bestimmten Wärmedifferenz sowie zur Erhaltung gleichmässiger Temperatur an den oberen Löthestellen mit einer kleinen, mit Eisstückchen gefüllten Blase bedeckt. Die Drähte *kk* führen zu einem Galvanometer (Fig. 312), mit welchem sehr schwache elektrische Ströme nachgewiesen werden können. Die Magnetnadel hängt an einem Coconfaden von dem Deckel eines umgebenden Glascylinders herab; sie ist mit einer unter

ihr liegenden zweiten Nadel fest verbunden und so gerichtet, dass ihr Nordpol über dem Südpole der zweiten Nadel steht. Man nennt eine derartige Vorrichtung ein »astatisches Nadelpaar«. Indem nun eine entgegengesetzte Wirkung auf beide Nadeln sich geltend macht, wird der Einfluss des Erdmagnetismus zum grössten Theil paralysirt und das Nadelpaar von dem galvanischen Strome um so leichter und sicherer abgelenkt.

In analoger Weise, wie bei den drei Magnetographen, die wir im sechsten Kapitel (S. 245 ff.) beschrieben haben, wird zu Beobachtungszwecken ein reflektirender Spiegel mit der Magnetnadel fest verbunden, welcher zugleich die photographischen Aufzeichnungen vermittelt.

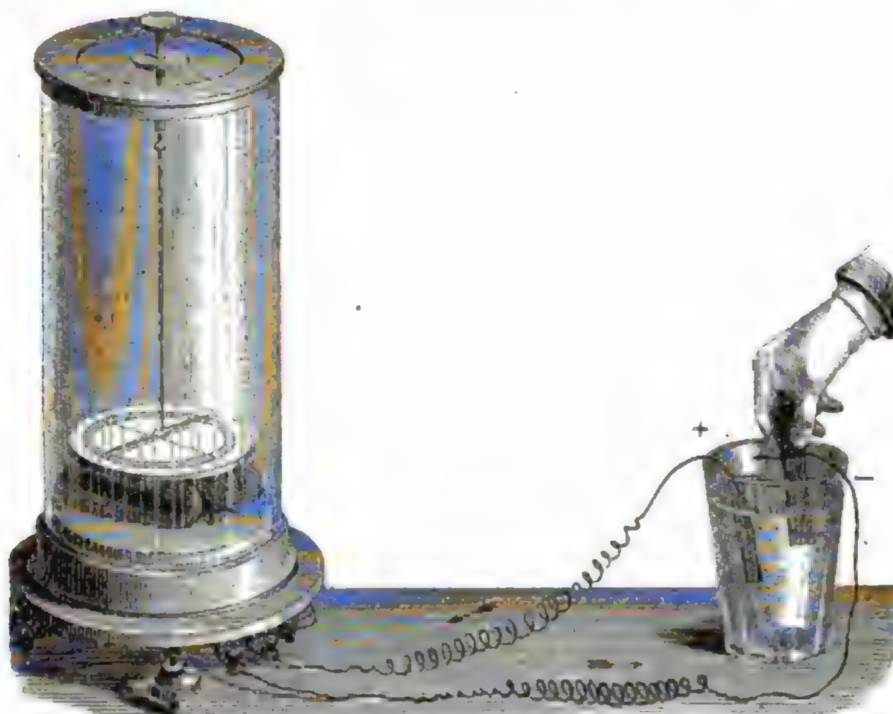



Fig. 312. Galvanometer in Thätigkeit.

Spiegelgalvanometer sind in neuerer Zeit nach verschiedenen Methoden angefertigt worden; zur Thermophotographie sind fast alle geeignet, besonders aber dasjenige von Meyerstein. Während sich in der Kupferdrahtrolle *P* (Fig. 313) der eine Magnetstab befindet, sehen wir unter dem Spiegel *h* den zweiten Magnetstab *n s*, welcher an einem durch eine Glasröhre geschützten Coconfaden mit dem Spiegel aufgehängt ist; die beiden Magnete sind durch das rechtwinklige Verbindungsstück *c* vereinigt, sodass sie einem astatischen Magnetnadelpaare entsprechen. Der ganze Apparat ist von einem Holzkästchen umgeben, welches, dem Spiegel gegenüber, eine durch eine Glasscheibe verschlossene Oeffnung hat, in welche sowol das von der Lichtquelle kommende, als auch das zum photographischen Apparate hin führende Rohr eingelassen ist.

Das Leitungsrohr der Lichtstrahlen *ab* (Fig. 314) hat an seinem gegen die Lichtquelle gerichteten Ende einen feinen Spalt *b*, durch welchen das mittels der Linsenkombination *c* konzentrirte Licht *l* (vgl. Seite 251) auf den Spiegel *h* (Figur 313) fällt. Derselbe kann um seine vertikale Achse gedreht werden, sodass man ihm jede beliebige Stellung gegen den magnetischen Meridian geben kann; man stellt ihn so auf, dass die von der Lichtquelle auf ihn fallenden Strahlen in das nach dem photographischen Apparate führende Rohr geleitet werden und durch dieses auf eine lichtempfindliche Schicht gelangen. Würde der Spiegel immer in ruhiger Stellung bleiben, so würde das Licht auf einer beweglichen empfindlichen Platte eine gerade Linie beschreiben; diese verwandelt sich in eine Kurve, sobald der Spiegel, z. B. durch den Einfluss der auf die thermo-elektrische Säule wirkenden Temperatur, Aenderungen in seiner Ablenkung erfährt.

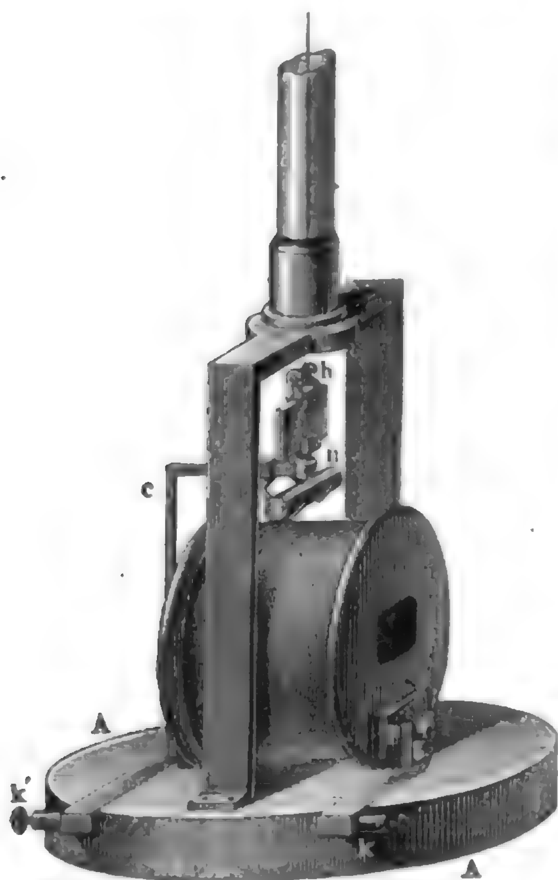


Fig. 313. Spiegelgalvanometer.

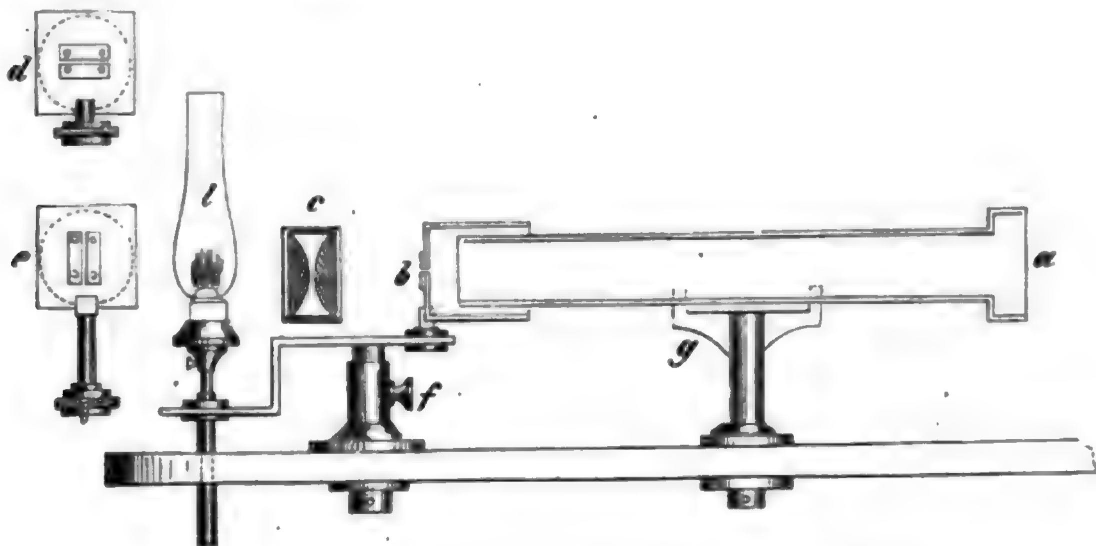


Fig. 314. Beleuchtungseinrichtung am Photothermographen.

Auf Figur 315 ist der Apparat in seiner Gesammtheit dargestellt, wie ich ihn zum Zwecke von Temperaturaufzeichnungen konstruirt habe.

An der unteren Seite der von drei Füssen getragenen Holzscheibe *A* ist ein senkrechter Stab angebracht, an welchem sich zwei verschiebbare Klammern auf und nieder bewegen und feststellen lassen. Der obere Schieber trägt den kleinen Magnetstab *m*, der untere Schieber den grösseren Magnetstab *NS*. Die Pole dieser Magnete sind zu den Polen des in der Kupferspirale befindlichen Magnetstabes so gerichtet, dass sie

Fig. 315. Stein's Photothermograph.

der richtenden Kraft des Erdmagnetismus auf den Spiegelmagnet entgegenwirken. Letzterer erhält dadurch die Eigenschaft, die Temperaturschwankungen ohne jeglichen anderen magnetischen Einfluss anzugeben. Bei *L* (Fig. 315) befindet sich eine chemisch wirksame Photogenlampe, bei *c* der erwähnte Spalt (vgl. Fig. 314 *b*), *c h o* ist das Lichtleitungsrohr, *d e'* das photographische Leitungsrohr, *B* ein das Spiegelgalvanometer einschliessendes Kästchen und *C* die photographische

Digitized by Google

Vorrichtung mit Uhrwerk, wie wir solche oben bei den meteorologisch-photographischen Apparaten zur Genüge beschrieben haben. An Stelle einer feuchten Platte oder eines Cylinders kann, da eine lang andauernde Wirkung erzielt werden soll, auch ein nach dem Prinzipe der Morse'schen Telegraphen sich abwickelnder lichtempfindlicher Papierstreifen in Anwendung gebracht werden. Auf dem Papierstreifen muss sich eine Eintheilung befinden, welche mit den durch die Temperatureinflüsse verursachten Schwankungen des Spiegels übereinstimmt. Wird z. B. der von dem Spiegel kommende Lichtstrahl das Papier, bei einer Erwärmung der Löthstellen der thermoelektrischen Säule von 33° C. an einer bestimmten Stelle treffen, so bezeichne man diesen Punkt mit 33. Lässt man nun die betreffende Temperatur auf 43° C. steigen, so wird der Spiegel seine Ebene ändern und der Lichtstrahl, unter stets steigender Winkelgrösse, auf das lichtempfindliche Papier gelangen; bleibt der Lichtpunkt auf dem Papiere bei 43° C. stationär, so bezeichne man diesen Punkt wiederum und verfahre ebenso mit allen zwischenliegenden Punkten. Hat man nun für jedes Zehntel eines Grades den betreffenden Punkt auf dem Papiere gefunden, so theile man die Fläche desselben durch parallele horizontale Linien entsprechend ein, welche wiederum durch vertikale, die Zeit angebende Striche gekreuzt werden müssen (vgl. Fig. 217 S. 230). Wird nun das eine Ende der Säule (Fig. 311) in die Achselgrube oder in den Mastdarm eines Menschen geschoben und werden die von der thermoelektrischen Vorrichtung abgehenden Drähte mit dem photographischen Registrirungsapparate (Fig. 315) in Verbindung gebracht, so wird der kleine Spiegel (Fig. 313) im Galvanometer zu Bewegungen veranlasst, welche dem Schwanken der Temperatur des betreffenden Individuums entsprechen. Diese Bewegungen werden dann mit Hülfe des von *L* (Fig. 315) durch die Beleuchtungsröhre *c h*, sowie durch die Röhre *d e'* gehenden Lichtstrahls auf den Registrirungscylinder *C* photographisch übertragen und hier in der dem Leser bekannten Weise fixirt. Da die menschliche Temperatur im Leben niemals, kurz nach dem Tode nur selten 42,5° Celsius übersteigt, so dürfte in der Ausführung der von mir angegebenen Apparate eine graphische Darstellungsweise der vorkommenden Schwankungen gefunden sein, welche, wie ich glaube, alle bisherigen Methoden an Empfindlichkeit und an Genauigkeit übertreffen werden. Ich war bis jetzt nicht in der Lage, obige Vorrichtungen im Grossen ausführen zu lassen, jedoch berechtigen mich wol die Resultate der von mir mit kleineren Modellen angestellten Experimente zu den bezeichneten Erwartungen. —

## NEUNTES KAPITEL.

## PHOTOGRAPHIE UND MIKROSKOPISCHE FORSCHUNG.

### 1. GESCHICHTLICHES.

Es waren kaum einige Monate seit jener denkwürdigen Sitzung der französischen Akademie der Wissenschaften verflossen, in welcher ARAGO die Erfindung DAGUERRE's verkündete, als auch Versuche auftauchten, das mikroskopische Bild photographisch zu fixiren. Der Erste, welcher derartige Experimente anstellte, war AL. DONNÉ zu Paris. Er legte schon im Jahre 1840 der Akademie der Wissenschaften Abbildungen verschiedener mikroskopischer Objekte vor, die er mittels des Daguerreotypie-Verfahrens photographirt hatte. Zu gleicher Zeit stellte DANCER in London mittels des Sonnenmikroskops vergrösserte Objekte photographisch dar, und 1841 erzielte RICHARD HODGSON daselbst gute Daguerreotypien mikroskopischer Gegenstände. Ja sogar schon im Jahre 1844 war DONNÉ im Stande, in Verbindung mit LÉON FOUCAULT, einen Atlas der mikroskopischen Anatomie herauszugeben, in welchem die Tafeln von daguerreotypirten, auf eine eigenthümliche Weise chemisch präparirten und geätzten Silberplatten abgedruckt waren. Als das Verfahren FOX TALBOT's, photographische Bilder auf Papier darzustellen, bekannt wurde, wodurch die Negative in beliebiger Anzahl sich vervielfältigen liessen, nahm die Photographie mikroskopischer Objekte bald einen bedeutenderen Aufschwung; sie erreichte aber erst ihren Glanzpunkt durch die vorzüglichen Arbeiten JOS. GERLACH's, welcher im Jahre 1863 mit der Schrift »Die Photographie als Hülfsmittel mikroskopischer Forschung« den vollkommensten Beweis für die Anwendbarkeit der Lichtbildkunst auf die mikroskopische Beobachtung erbracht hat. Vom Jahre 1842 bis zum Erscheinen des genannten Werkes hatten sich die Naturforscher nur ausnahmsweise mit diesem dankenswerthen Zweig der mikroskopischen Technik befasst. In Paris waren es NACHET und BERTSCH, welche schöne Resultate erzielten, in Deutschland, ausser GERLACH Apotheker F. MEYER in Frankfurt a. M., HELWIG in Mainz, KOLLMANN,

Hessling und Albert in München, sowie in neuerer Zeit Benecke in Königsberg, Fritsch in Berlin und der Verfasser dieses Buches. In Oesterreich beschäftigten sich vornehmlich Pohl und Weselsky mit dem neuen Verfahren, in England Shabolt, Maddox, Huxley und Wenham, in Amerika Woodward zu Washington. Wir werden auf die hervorragenderen Leistungen dieser Männer bei Beschreibung der einzelnen Apparate noch genauer zurückkommen.

Die Kunst, die kleinsten Formbestandtheile der organischen und unorganischen Welt durch Vermittelung von Vergrösserungsinstrumenten photographisch darzustellen, wurde theils mit dem Namen »Mikroskopische Photographie«, theils mit »Mikrophotographie« bezeichnet. Wir haben uns aus logischen Gründen für die zweite Bezeichnung entschieden, indem wir unter »mikroskopischer Photographie« die Darstellung eines für das unbewaffnete Auge unsichtbaren Miniaturlichtbildes verstehen. Die *Mikroskopie* ist die Kunst des Besehens minimaler Gebilde, konsequent ist demnach die *Mikrophotographie* die Kunst, jene kleinen Formverschiedenheiten durch Lichtwirkung im Bilde zu fixiren. Die betreffenden photographischen Abbildungen nennen wir: *Mikrophotogramme*. Die Bezeichnung *»Mikroskopische Photogramme«* dagegen findet durch den verwandten technischen Ausdruck der »mikroskopischen Präparate« ihre Berechtigung, indem eine solche Abbildung, ebenso wie ein mikroskopisches Präparat, erst mit Benutzung eines vergrössernden Linsensystemes zu deutlicher Anschauung gebracht werden kann.

### 2. Vortheile der Mikrophotographie.

Die Vortheile, welche die Mikrophotographie dem Forscher bietet, beruhen nicht allein in der einfachen, leicht auszuführenden Kunst, die Objekte wahrheitsgetreu darzustellen, sondern ganz vorzüglich in dem Umstande, dass die wirklichen Grössenverhältnisse derselben durch Photographien mit absoluter Genauigkeit angegeben werden können. Das Messen der Objekte auf der vergrösserten Photographie durch Vergleich mit einem durch dieselbe Linse aufgenommenen Mikrometer führt, wie wir später genauer angeben werden, zu dem angedeuteten Ziele. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Vortheil liegt darin, dass die photographische Platte viel mehr »sieht«, als unser Auge wahrzunehmen im Stande ist. Wie wir in einem früheren Kapitel gezeigt haben, wirkt eine grosse Anzahl von Lichtstrahlen, die »übervioletten«, welche unser Auge nicht mehr zu percipiren im Stande ist, noch auf die präparirte Platte ein. Diese Strahlen geben Gelegenheit, manche Formelemente des Objekts auf photograpischem Wege sichtbar zu machen,

welche durch die Retina des Auges bei gleich starker Vergrösserung nicht wahrgenommen werden. Gerlach hat sogar nachgewiesen, dass bei abermaliger Aufnahme der negativen Photographie mit einem vergrössernden Linsensysteme Formverschiedenheiten zu Tage treten, welche das unbewaffnete Auge auf der ersten Platte nicht zu entdecken vermochte.

Ein weiterer grosser Vortheil der Mikrophotographie liegt in der Möglichkeit, die vergrösserten Objekte dem Auge in körperlicher Erscheinung vorzuführen; durch das Mikroskop sieht man nur einzelne über einander liegende Flächen, indem sich die Körperlichkeit eines Objekts niemals in einem Augenblicke erkennen lässt. Die Plastizität kommt uns nur dadurch zum Bewusstsein, dass wir allmählich die Stellung der Objektivlinse zum Objekte verändern. Man versuchte zwar durch die Konstruktion zweiröhriger stereoskopischer Mikroskope diesem Mangel abzuhelfen, allein der gewünschte Eindruck wurde nicht früher vollkommen erreicht, als bis in der Photographie das Mittel gefunden worden, die Abbildungen der mikroskopischen Präparate, vergrössert und plastisch, mittels einer einfachen Stereoskopvorrichtung zur Anschauung zu bringen.

### 3. BAU DES MIKROSKOPS IM ALLGEMEINEN.

Bevor wir die mikroskopisch-photographischen Apparate selbst näher betrachten, werden wir eine Schilderung der zu unserem Zweck geeignetsten Mikroskope vorausgehen lassen, weil fast jedes zu den einfachsten Untersuchungen geeignete Vergrösserungsinstrument zu photographischen Zwecken benutzt werden kann, wenn nur der mechanische Theil sehr solid gearbeitet, das Stativ (S Fig. 316) von bedeutender Schwere und grosser Festigkeit und der optische Theil aus achromatischen Linsensystemen, welche keine Farbenkreise erzeugen, zusammengesetzt ist.

Der mechanische Theil ist, je nachdem die Mikroskope aus verschiedenen optischen Werkstätten stammen, verschieden konstruirt. Figur 316 giebt uns das Bild der Grundform eines zusammengesetzten Mikroskops. Die Röhre des Mikroskops *o o'* kann in einer mit dem Stativ verbundenen Hülse *T* durch Verschieben oder durch Triebstange und Zahnrad auf- und abbewegt werden. Ausser einem derartigen Getriebe oder einer Schiebvorrichtung ist bei allen besseren Mikroskopen noch eine feine Schraube, die sogenannte Mikrometerschraube, *V*, angebracht, welche besonders für die Mikrophotographie unentbehrlich ist. Auf die viereckige oder runde Platte, den sogenannten Objekttisch, *P*,

welcher durch die Triebvorrichtung $V''$ hoch und tief gestellt wird, werden die mikroskopischen Präparate aufgelegt. Die Oberfläche des Tisches muss glatt, eben und für mikrophotographische Zwecke mit zwei federnden Klammern zum Befestigen der Präparate versehen sein.

Was den optischen Theil des Mikroskops anlangt, so sind zwei Vorrichtungen zu unterscheiden, das dem Objekt zugekehrte Linsensystem oder das Objektiv $o$ und das am oberen Ende des Rohres angebrachte Okular $o'$. Das Objektiv besteht gewöhnlich aus zwei bis drei Doppellinsen, welche je aus einer Crownglas- und einer Flintglaslinse zusammengesetzt sind. Gewöhnlich sind die kleinsten dieser Linsen, welche das bedeutendste Brechungsvermögen haben, dem Objekt zugekehrt; diesen Linsensystemen verdanken unsere neueren Mikroskope ihre durchdringende Kraft. Das Objektivsystem bezweckt in erster Linie die direkte Vergrösserung des Objekts. Das vergrösserte reelle Bild dieses Objekts wird in die dunkle mikroskopische Röhre geworfen und von oben durch das abermals vergrössernde Okularsystem betrachtet. Das Okular besteht aus zwei Linsen, der unteren sog. Sammellinse oder Kollektivlinse und der oberen eigentlichen Okularlinse. Beide Linsensysteme, welche wiederum aus achromatischen Kombinationen zu bestehen haben, sind gewöhnlich in eine eigene Röhre, die nochmals durch eine zwischen beiden Linsen befindliche Blendung abgetheilt ist, gefasst. Diese Röhre kann von oben in den Tubus des Mikroskops eingesenkt werden.

Fig. 316. Zusammengesetztes Mikroskop.

Ein in verschiedenen Ebenen drehbarer Beleuchtungsspiegel $M$ ist unter dem Objekttisch $P$ zum Hinaufwerfen des Lichts angebracht. Jene Vorrichtungen, die von oben an das Mikroskop zur Beleuchtung undurchsichtiger Gegenstände angebracht werden, kommen bei der Photographie seltener in Betracht, da solche für die Darstellung mikroskopischer Präparate nur bei ganz schwachen Vergrösserungen zur Anwendung gelangen können.

Um den optischen Vorgang bei der Entstehung mikroskopisch-photographischer Bilder richtig zu beurtheilen, ist es nöthig, in Kürze uns die allgemeinen Brechungsverhältnisse der mikroskopischen Linsenkombinationen ins Gedächtniss zu rufen. Nehmen wir an, dass sich in *b'c'* (Fig. 317) ein Gegenstand befände, welcher durch Vermittelung der

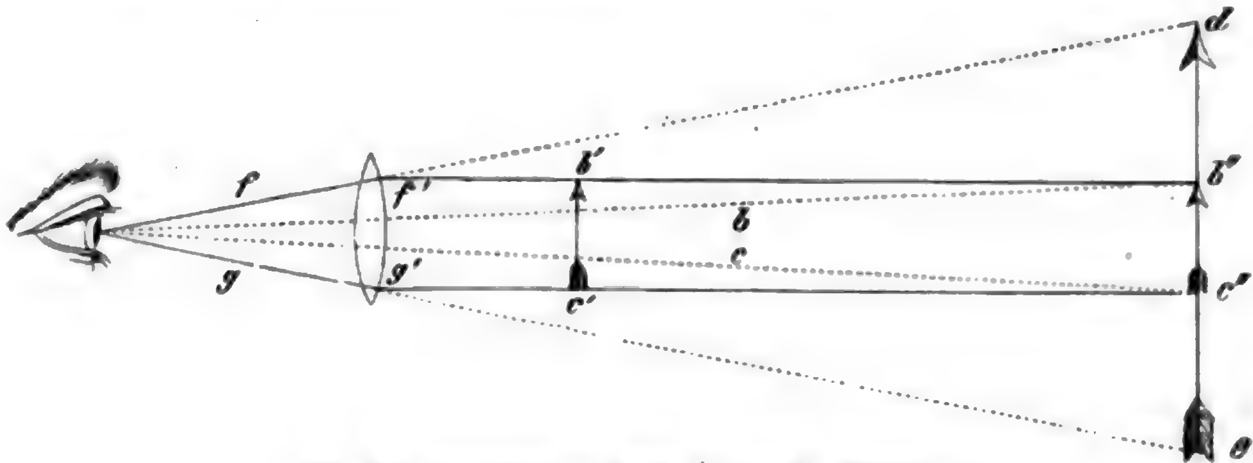



Fig. 317. Vergrösserung durch das einfache Mikroskop.

Linse *g'f* auf die Netzhaut unseres Auges den Eindruck der Vergrösserung hervorrufen soll. Die von *c'b'* ausgehenden Strahlen werden durch die Linse *fg'* nach deren Brennpunkt, also hier nach der Stelle, wo sich das beschauende Auge befindet, geworfen. Das Auge aber versetzt das Bild eines durch eine Linse betrachteten Gegenstandes in die Fortsetzung der in dem Brennpunkte der Linse sich kreuzenden Strahlen. Demnach werden wir das Bild des Gegenstandes *b'c'*, welches wir ohne Linse mit unbewaffnetem Auge stets in der Richtung *b''c''* erkennen würden, in die Fortsetzung der gebrochenen Strahlen von *f* nach *d* und von *g* nach *e* verlegen. Wir werden mithin in *de* das Bild des Gegenstandes *b'c'* in dem Masse vergrössert sehen, als solches der Brechungskraft der Linse entspricht.

Fig. 318. Einfaches Mikroskop.

Auf diesem Prinzipe beruht das einfache Mikroskop (Fig. 318). *A* ist das in Figur 317 mit *fg'* bezeichnete vergrössernde Linsensystem, bei *B* befindet sich das Objekt und in *C* der das Objekt beleuchtende Spiegel.

Das zusammengesetzte Mikroskop (Fig. 319) dagegen besteht aus drei Linsensystemen. Der Gegenstand *A B* wird durch die Linse *CD* in der Weise gebrochen, dass die von ihm ausgehenden Strahlen, wenn sie ungehindert weiter gehen könnten, in der Gegend von *A'B'* ein vergrössertes umgekehrtes Bild geben würden. Diese Strahlen werden aber durch die Sammellinse des Okulars *FE* zum zweiten Mal gebrochen, so dass das vergrösserte Bild von *A B* in umgekehrter Stellung in *B''A''* erscheint. Wird nun dieses Bild *B''A''* nochmals durch die Okularlinse *G H* betrachtet, d. h. werden dessen auf die Linse *G H* auffallende Strahlen nach dem Prinzip des einfachen Mikroskops abermals gebrochen, und steht das beobachtende Auge in dem Brennpunkt der betreffenden Linse (*GH*), so wird das in *B'' A''* befindliche reelle Bild des Gegenstandes *A B* nochmals vergrössert in der Fortsetzung jener Strahlen in *B'''A'''* erblickt werden.

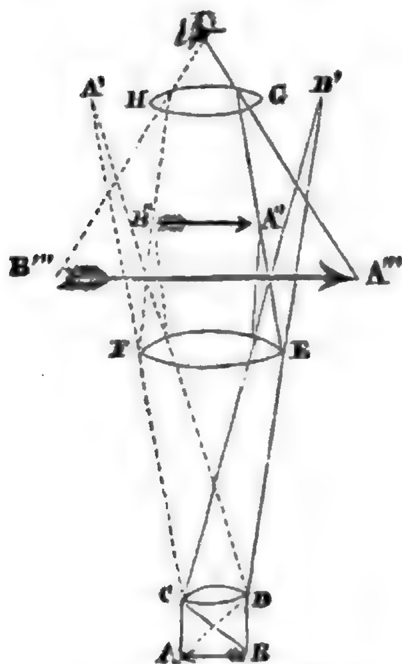


Fig. 319. Optik des zusammengesetzten Mikroskops.

Zu photographischen Zwecken ist das Okular überflüssig, weil die Klarheit und Deutlichkeit des Bildes allein von der Güte der Linse *CD* abhängt und das in *A'B'* erscheinende Bild mittels der matten Scheibe einer Camera obscura am besten direkt, ohne Vermittelung eines Okulars aufgefangen wird. Durch das Okular werden nämlich die Bilder der Gegenstände nur stärker aus einander gezogen und es treten bei dessen Benutzung keine feineren Bildmerkmale hervor.

## 4. MIKROPHOTOGRAPHISCHE APPARATE.

### a. APPARATE ZUR DARSTELLUNG EINFACHER MIKROPHOTOGRAMME.

Ein für photographische Zwecke höchst geeignetes Instrument ist das grosse Mikroskop von Chevallier in Paris (Fig. 320). Dasselbe wird auf einen Tisch aufgeschraubt, wodurch es eine bedeutende Festigkeit erhält. Der Tubus ist über dem Objektivsystem rechtwinklig gebrochen und die von dem Spiegel und dem Objekte kommenden Strahlen werden durch ein in demselben angebrachtes Prisma in horizontaler Richtung weiter gelenkt. Um ein derartiges Mikroskop in einen photographischen Apparat umzuwandeln, hat man nur nöthig, nach Entfernung des Okulars eine horizontal stehende Camera obscura anzufügen.

Das Bild des auf dem Objekttische liegenden beleuchteten Präparates wird sich mit Leichtigkeit auf der matten Scheibe der Camera einstellen und nach den bekannten Methoden photographiren lassen.

Der Erste, welcher in Deutschland Aufnahmen von mikroskopischen Objekten mit einem besonderen Apparate gemacht hat, ist Apotheker Meyer in Frankfurt a. M. Derselbe hat über seine vorzüglichen Arbeiten nichts veröffentlicht, obwol sein Apparat, den er vor circa 25 Jahren konstruirte, bis heute noch von keinem anderen derartigen Instrumente übertroffen ist. Figur 321 Seite 344 zeigt das Meyer'sche Photomikroskop. Auf einer schweren eisernen Platte ist der Fuss *m* mittels Klemmschrauben befestigt. Die Lichtstrahlen werden von dem Spiegel *e* durch die Bohrung des Tisches *d* geworfen, während bei *n* die feine Einstellung durch eine Mikrometerschraube stattfindet. Ein hinter dem Mikroskop in die Eisenplatte eingeschraubter Eisenstab trägt eine aus Stahl gearbeitete winklige Vorrichtung, welche durch das Triebrad *a* in eine gezahnte Stange eingreift. An diesem rechtwinkligen Gerüste ist ein federnder Ring angebracht, in welchem ein Messingrohr sitzt, das wiederum mit einer einfachen Camera *c* in Verbindung steht. Um Nebenlicht abzuhalten, wird die Stelle zwischen Mikroskoptubus und Camera mit einem kleinen Sammtstückchen noch besonders umwickelt. Die photographische Einrichtung gleitet mit Leichtigkeit bei *a* auf und nieder und wird durch die Schraube *b* an beliebiger Stelle festgehalten. Das Bild des Objekts entsteht auf der matten Scheibe *or*, welche bei der Aufnahme durch die in einer Kassette befindliche präparirte Platte ersetzt wird. Das Bild gewinnt an Ausdehnung, je weiter die Scheibe *or* von dem Objekt bei *d* entfernt wird. Für jede Lage der Scheibe *or* muss mittels der Mikrometerschraube *n* besonders eingestellt werden.

Fig. 320. Mikroskop von Chevallier.

Der Apparat von Gerlach, welchen wir in Figur 322 abgebildet sehen, besteht nur aus dem Mikroskop und einer demselben aufgesetzten Camera obscura. Die Camera *d* wird von einem hölzernen, den

Mikroskoptubus umgebenden Rohre *g* getragen. Der über dem Kasten *d* ersichtliche Trichter *a* enthält eine vergrössernde Linse, um eine möglichst genaue Einstellung des Bildes auf der matten Scheibe zu erzielen. Bei *l* ist ein federnder Ring angebracht, welcher durch die Schraube *k* festgestellt wird und dem photographischen Apparat die nöthige Festigkeit verleiht. Die übrigen Stücke entsprechen den oben

Fig. 321. Meyer's Photomikroskop.

Fig. 322. Gerlach's Photomikroskop.

erwähnten Theilen eines Mikroskops. Der Apparat leidet an einer übermässigen Belastung der Mikroskopröhre und hat sich daher nicht vollkommen bewährt; desshalb hat GERLACH in neuerer Zeit das Prinzip des oben geschilderten MEYER'schen Apparates bei der Darstellung mikroskopischer Photographien in Anwendung gebracht.

Zur Darstellung schwach vergrösserter Mikrophotographien bediene ich mich eines Mikroskops, welchem nach Hinwegnahme der Okular- und

Kollektivlinse nur eine kleine photographische Kassette aufgesetzt wird (Fig. 323). *a* ist der Beleuchtungsspiegel, *b k* der Objekttisch, *l* die Mikrometerschraube. Auf den Tubus des Mikroskops ist eine konische, aus Buxholz gedrehte Röhre aufgesteckt, welche mit der Schraube *h* an den Tubus festgeschraubt werden kann. Mit diesem konischen Ansatzstück steht ein hölzerner Schlitten in Verbindung, in welchem sich der Rahmen *edfg* leicht hin- und herschieben lässt. Matte Scheibe und Kassette sind in diesen Rahmen eingefügt. Während das Bild eingestellt wird, steht die matte Scheibe *ed* über dem Tubusrohr, dagegen befindet sich die präparirte Platte unter dem Deckelchen über *gf*. Ist scharf eingestellt, so wird das Rähmchen *edgf* in dem Schlitten weitergeschoben, so dass der Theil *gf* über dem Tubus des Mikroskops zu stehen kommt, während bei *j* der Schieber der Kassette auf- und zugezogen werden kann. Die Linse *c* dient zur Beleuchtung undurchsichtiger Objekte.

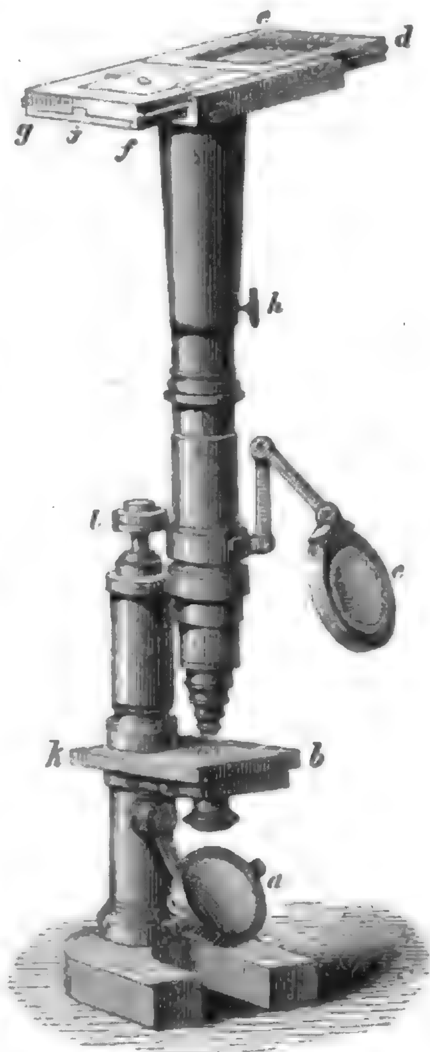


Fig. 323. Stein's photographisches Mikroskop.

Um mehrere Bilder auf einmal aufzunehmen, hat Benecke eine runde Kassette konstruirt, mit welcher man auf einer 12 Centimeter breiten, quadratischen Platte (*H* Fig. 324) nach einander acht Bilder erhält. Diese Kassette besteht aus einem kreisrunden gegossenen Messingstücke *A*, aus welchem ein quadratisches Stück ausgeschnitten ist. Die runde Messingplatte dreht sich in einem Messingteller *B*, der von einer kreisrunden, 2 Centimeter weiten Oeffnung *C* durchbohrt ist, in welche ein kurzes, in den Tubus des Mikroskopes passendes, durch den Schieber *D* verschliessbares Rohr einmündet. An der oberen Seite wird der viereckige Ausschnitt des Messingtellers *A* durch eine mit Klammern (*G*) verschliessbare, in zwei Scharnieren bewegliche Kassettenthür *E* gedeckt. Die Verschiebung der empfindlichen Platte über dem Mikroskoprohre geschieht durch Drehung des im Teller rotirenden Messingstückes, welches, sobald eine der Bildstellen (*H*) über *C* zu stehen kommt, von der einspringenden Feder *F* festgehalten wird, was sich achtmal bei einer Aufnahme wiederholt.

Für starke Vergrösserungen benutzt Benecke eine lange Balgcamera (Fig. 325), deren Grundbret (*A*) der bequemeren Handhabung wegen aus zwei, durch Scharniere (*B*) verbundenen Hälften besteht. An einer Messingplatte ist der durch Zahn und Trieb vor- und rückwärts zu bewegende mit schwarzem Sammt gefütterte Tubus *G* mit dem Objektiv *V* angeschraubt.

Zu beiden Seiten des Tubus laufen zwei runde Stangen *HH*, auf denen sich der mit zwei langen Hülsen *KK* versehene Objekttisch *J* verschieben lässt. An die centrale, 2 bis 3 Centimeter weite Oeffnung des Objekttisches schliesst sich auf der vom Objektive abgewandten Fläche ein kurzes cylindrisches Rohr *L* an, das zur Aufnahme des Kondensators, der Blendungen und zum Eingreifen der Mikrometerschraube dient.

Fig. 324. Benecke's Kassette für 8 Aufnahmen.

In der Mitte des unteren Tischrandes ist eine Messingstange *M* eingeschraubt, auf welcher eine achromatische Sammellinse *N* und eine blaue verschiebbare Glasplatte *O* befestigt werden können. Die grobe Einstellung geschieht durch Bewegung des Tubus *G*, die feine Einstellung wird durch Bewegung des Objekttisches mittels einer eigenthümlichen Mikrometerschraube *P* bewirkt. Da der ganze Beleuchtungsapparat mit dem Objekttische in fester Verbindung steht, so werden, wie Benecke mittheilt, durch Vor- oder Rückbewegungen des Tisches die Beleuchtungsverhältnisse des Objektes in keiner Weise geändert. Der Kopf der Mikrometerschraube *P* befindet sich, um auch bei lang ausgezogener Camera bequem gehandhabt werden zu können, am hinteren Rande des Kastens und ist mit der Schraubenmutter, durch welche die Spindel der Mikrometerschraube *Q* vor- und rückwärts bewegt wird, fest verbunden. Die Bewegungen der Spindel *Q* werden durch einen Hebel *R*,

dessen Drehpunkt in einem auf der rechten Führungsstange des Tisches befestigten Ringe *S* liegt, und der in den Cylinder *L* eingreift, auf den Objekttisch übertragen. Durch die Drehung der Mikrometerschraube nach rechts wird der Tisch auf den Stangen *HH* vorgeschoben, d. h. von dem Objektive entfernt, durch Drehung nach links demselben genähert. Um die sehr schädlichen Folgen eines etwaigen todten Ganges der Mikrometerschraube zu vermeiden, ist der Tisch zwischen vier Spiralfedern *T* eingespannt, welche ihm einen gleichmässigen und soliden Gang sichern. Um den Apparat jederzeit schnell und bequem nach der Sonne richten zu können, ist derselbe auf einem parallaktischen Stative befestigt.

Fig. 325. Benecke's photographisches Mikroskop.

Der Apparat, den Dr. Oscar Reichard in dem Schriftchen »Lehrbuch der mikroskopischen Photographie« beschreibt,

Digitized by Google

stützt sich auf das Gerlach-Meyer'sche Prinzip. Der Unterschied beruht einzig und allein auf der Form der Triebstange und der Schrauben. Auf das photographische Verfahren des betreffenden Autors werden wir später noch ausführlicher zurückkommen.

Fig. 326. Stein's grosses Photomikroskop.

Verfasser benutzt zur Erzielung bedeutender Vergrösserungen den Apparat, wie er in Figur 326 dargestellt ist. Auf einem parallaktischen Stativ ist mittels des Kugelgelenkes *C* die Camera befestigt. In *D* befindet sich ein dreifach in einander verschiebbares, innen und aussen geschwärztes Metallrohr, welches bei *f* von einem federnden Ring umschlossen ist, der durch eine bewegliche Schraube mit der Stange, die nach *E* führt, in Verbindung steht. Die Stange ist bei *E* geschlitzt, kann hoch und tief gestellt und mittels einer Schraube befestigt werden.

*F* ist der vergrössernde, von Möller in Giessen gearbeitete Apparat, bestehend aus dem Linsensystem *e*, der groben Einstellung *a*, der Mikrometerschraube *b* und einem Ring *d*, in welchen verschiedene stärkere und schwächere Beleuchtungslinsen eingesetzt werden können.

Bei *c* ist ein Arm angebracht, an welchem ein Reflektor, der mittels eines Kugelgelenkes drehbar ist, angeschraubt werden kann. Der ganze Apparat von *A* bis *d* kann auf $1\frac{1}{2}$ Meter verlängert werden, um möglichst grosse Bilder auf der matten Scheibe *h* zu erzielen. Wird mit diesem Apparate gearbeitet, so befestigt man das Objekt mittels Klammern bei *b* auf den Objekttisch, stellt zuerst mit der Schraube *a* oberflächlich, dann mit der Mikrometerschraube *b* genauer ein, was man mit dem vorgestreckten Arm ausführt. Ist der Apparat vollkommen ausgezogen, so kann die letzte Einstellung nur an der matten Scheibe durch ein sehr feines Getriebe bei *h* bewerkstelligt werden, nachdem mit der Triebstange *a* die erste Richtung des Tubus vorgenommen worden ist.

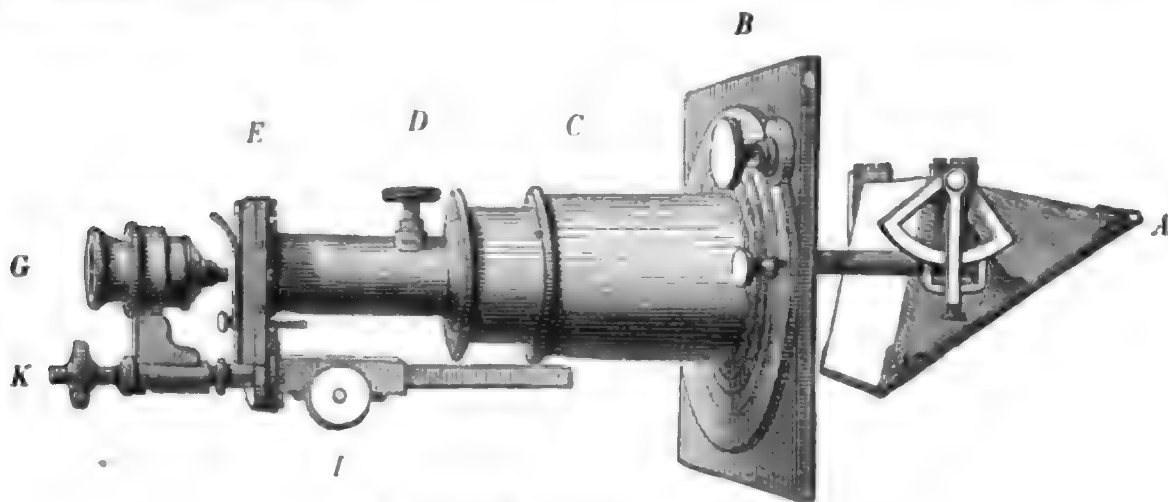



Fig. 327. Bertsch's Sonnenmikroskop.

Was die photographischen Apparate der ausländischen Mikroskopiker anbelangt, so hat vor allen Bertsch in Frankreich durch sein heliographisches Mikroskop schon im Jahre 1851 Nennenswerthes geleistet. Bertsch reflektirt das Sonnenlicht mittels eines rechtwinkligen Prisma *A* (Fig. 327) auf eine grosse kondensirende Linse, welche in den Rahmen *B* gefasst ist und an Stelle der Scheibe eines Fensters in das letztere eingefügt wird. In der Röhre *C* befinden sich zwei weitere Linsen, und es ist möglich, durch gegenseitige Verschiebung derselben mittels Schraube *D* konvergirendes, divergirendes oder konzentrirtes paralleles Licht zu erzeugen. Das Licht wird auf ein an den Objekttisch *E* festgeklammertes Präparat geworfen, dessen Bild durch das Objektivsystem *G* vergrössert auf eine gegenüberliegende Wand des verdunkelten Zimmers gelenkt wird. Die grobe Einstellung geschieht bei *I*, die

feine Mikrometereinstellung bei *K*. Um mit diesem Sonnenmikroskop photographische Bilder aufzunehmen, stellte Bertsch eine Camera obscura mit entsprechender photographischer Einrichtung hinter das Linsensystem *G* und entfernte oder näherte dieselbe dem Apparate, je nachdem er grössere oder kleinere Bilder erzielen wollte.

Ausser Bertsch und Donné, dessen wir schon oben gedacht, haben in Frankreich Moitessier und Lackerbauer das Studium der Mikrophotographie mit Erfolg betrieben. — In England, wo die mikroskopische Technik überhaupt durch die Anregungen Lionel S. Beale's einen hohen Stand der Entwicklung erreicht hat, fand auch die Mikrophotographie bald fruchtbaren Boden.

Dr. Highley in London arbeitet mit einem querliegenden Instrument, das wir mit Hinweglassung der photographischen Camera in Fig. 328 im Durchschnitte sehen. Der Tubus des Mikroskops trägt bei *L* das Objektivsystem, während die Schraube *K* zur Korrektion desselben angebracht ist; *M* ist die Mikrometerschraube, *P* ein Stab, welcher den Beleuchtungsspiegel *I* trägt, *X* eine Einrichtung zur Kondensirung des Lichts, *Z* eine Schraubenvorrichtung zum Hin- und Herschieben der Präparate.

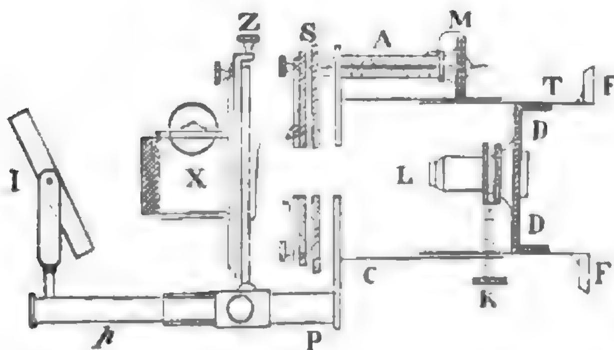


Fig. 328. Highley's Photomikroskop.

In Figur 329 begegnen wir dem Photomikroskop des Dr. Maddox. Auf einem langen Brete ist eine Ausziehcamera befestigt, die ebenso wie an unserem eigenen, in Figur 327 abgebildeten Apparate mittels einer an der matten Scheibe angebrachten Schraubeneinrichtung bewegt wird. Gegenüber der matten Scheibe befindet sich ein an ein Scharnier befestigter viereckiger Rahmen, welcher durch einen schiefstehenden Metallstab gestützt wird. An den Rahmen ist der Tubus angeschraubt, vor welchem sich der Objekttisch und eine prismatische Beleuchtungsvorrichtung befinden. Bei *A* ist die Art und Weise, wie die Füsse des Bretes an letzteres angeschraubt sind, dargestellt, während die zwischen den Füssen des Stativs gezeichneten Wellenlinien das Tuch darstellen sollen, welches zum Verhüllen des Kopfes während des Einstellens benutzt wird.

Eine weitere, aber sehr umfangreiche Einrichtung zu mikrophotographischen Zwecken steht dem amerikanischen Oberst Dr. Woodward zu Washington zur Verfügung. Woodward ist Beamter im Kriegsministerium der Vereinigten Staaten und erster Leiter der medizinisch-

chirurgischen Abtheilung daselbst. Die Kosten seiner photographischen Experimente werden aus Staatsmitteln bestritten und erstrecken sich auf fast alle Gebiete der Histologie, Anatomie und Chirurgie.

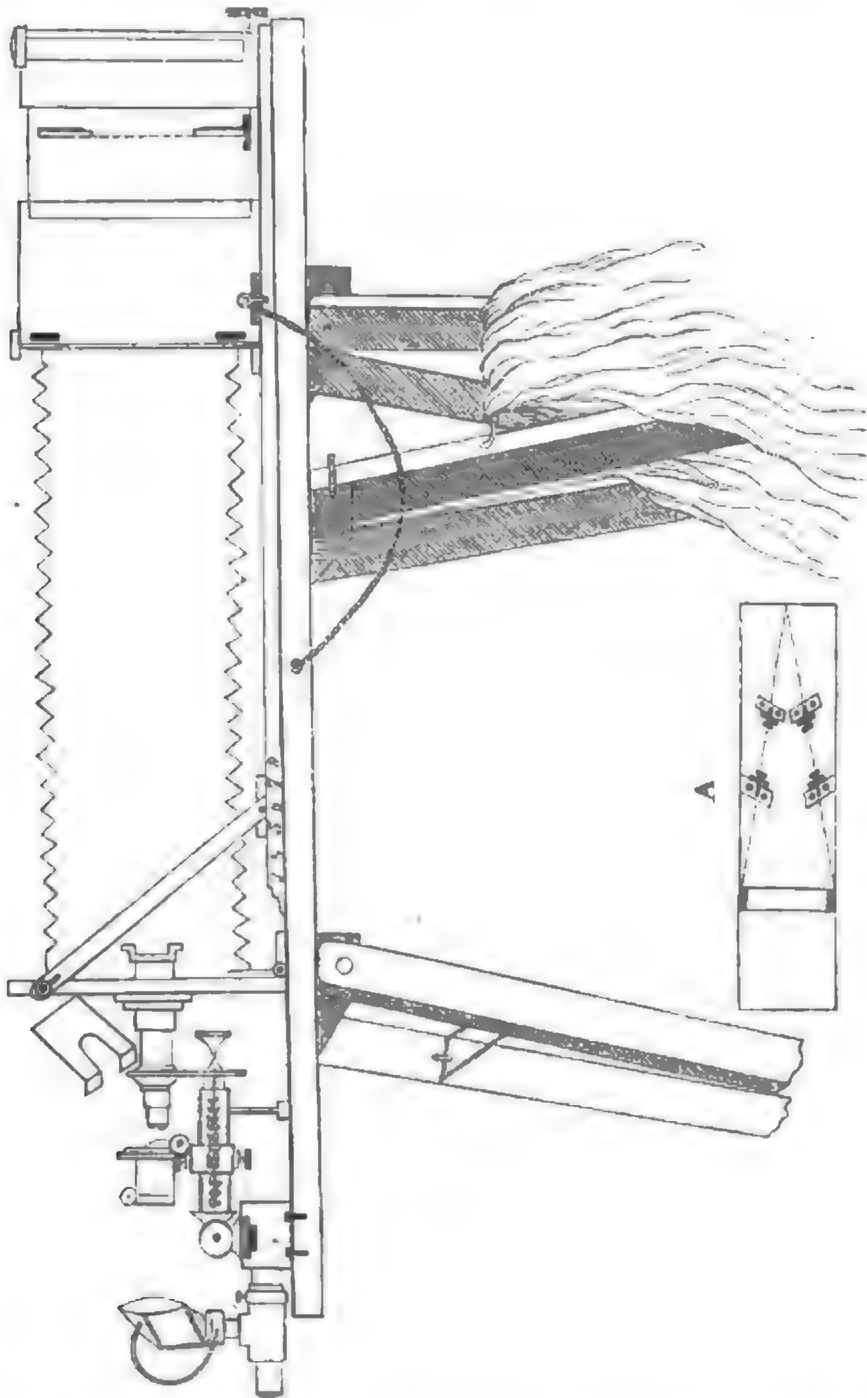



Fig. 329. Photomikroskop von Maddox.

Woodward hat sich für seine Arbeiten in dem Gebäude des Kriegsdepartements zu Washington ein eigenes photographisches Zimmer eingerichtet. Dasselbe hat zwei Fenster, von denen das grössere mit einer gelben Glasscheibe, das kleinere mit einem 35 Centimeter hohen hölzernen Schiebladen versehen ist. In diesen Laden ist eine runde Oeffnung von 4 Centimeter Durchmesser eingeschnitten, an deren äusserem Rande sich ein 30 Centimeter langer Stab befindet.

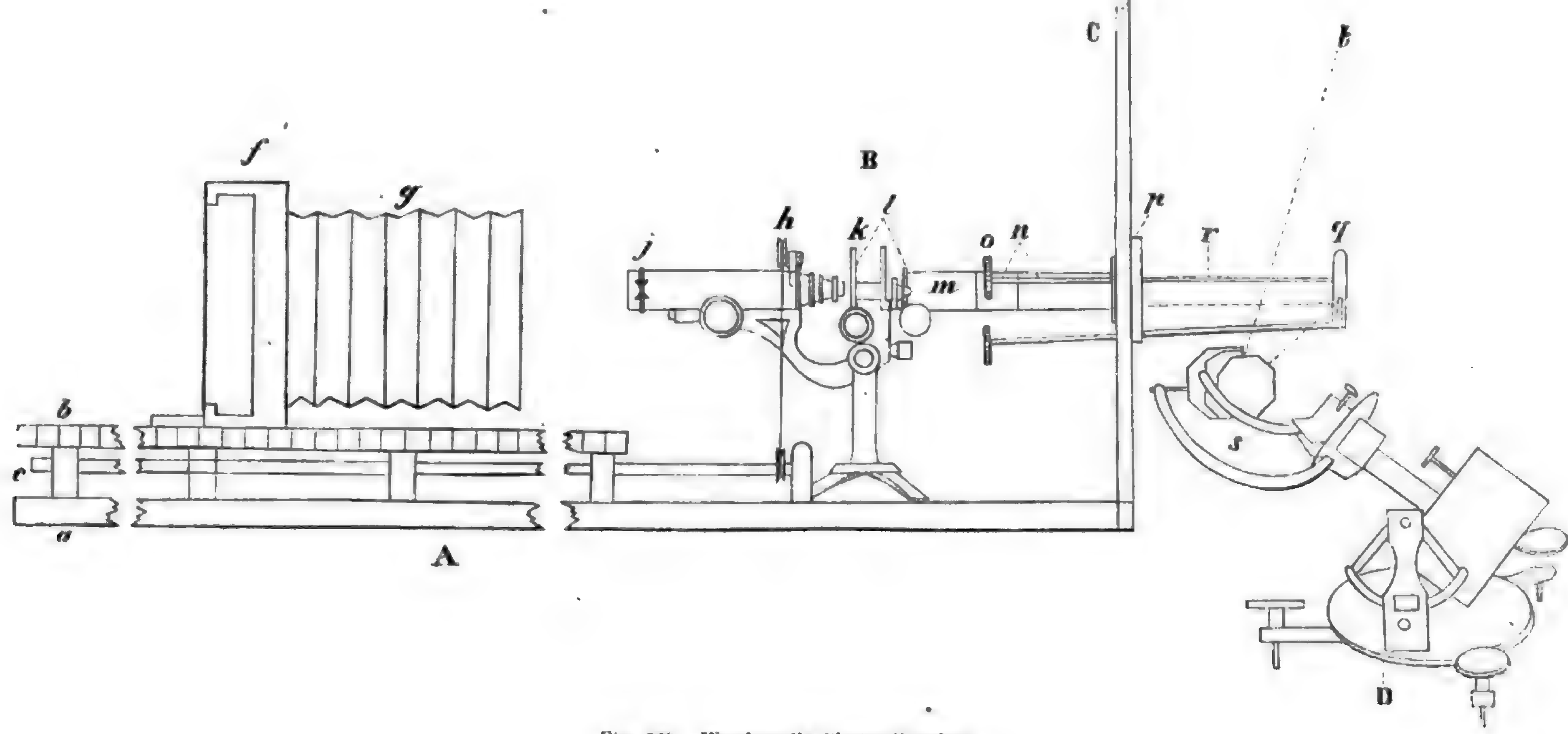



Fig. 330. Woodward's Photomikroskop.

An dessen äusserem Ende *q* ist ein reflektirender Planspiegel angebracht. Zwei durch Haken an den Spiegel befestigte und durch den Laden (*c* Fig. 330) gehende Stahlstäbe ermöglichen die Verschiebung des Spiegels nach zwei Richtungen, welche von innen durch die Schrauben *o* verändert werden können. Ausserhalb des Ladens bei *D* auf dem Gesimse des Fensters ist ein Heliostat festgeschraubt, welcher durch ein Uhrwerk getrieben, stets dem Gange der Sonne folgt und durch einen beweglichen Spiegel *S* die Sonnenstrahlen in immer gleichmässiger Richtung auf den feststehenden Planspiegel *q* lenkt.

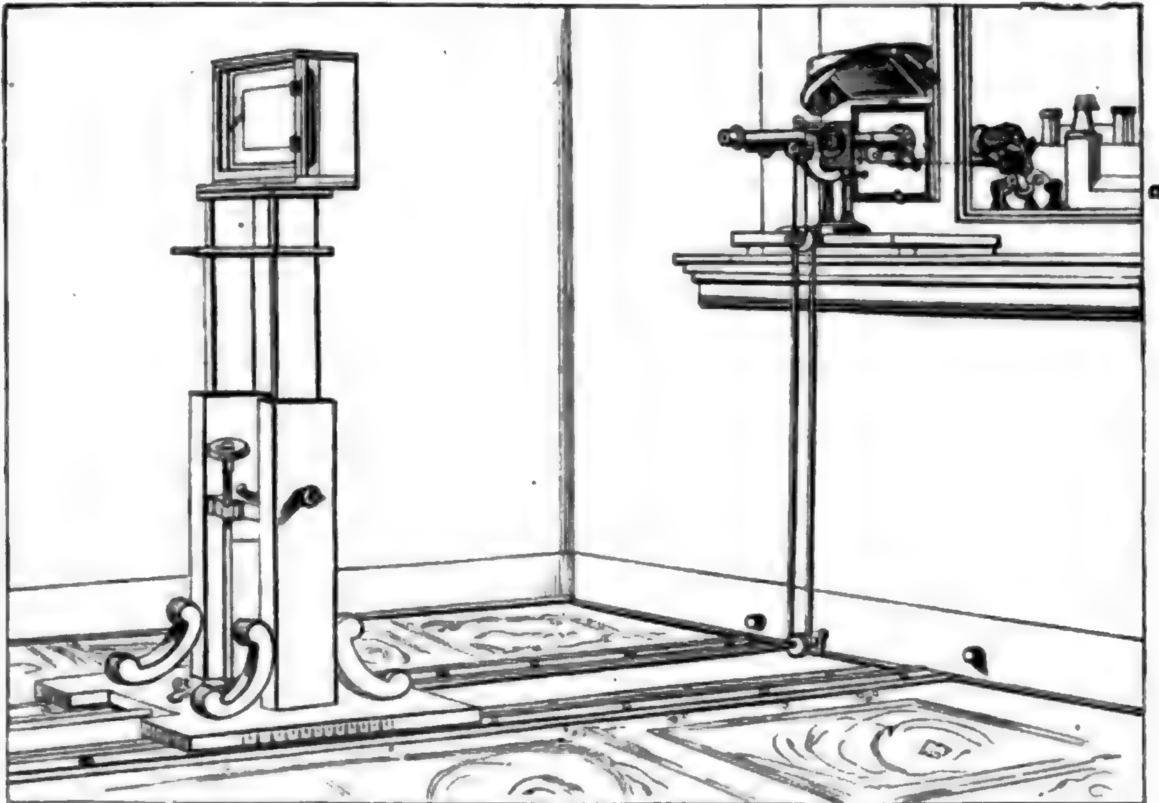


Fig. 331. Woodward's photographisches Arbeitszimmer.

Im Innern des Zimmers (Fig. 331) ist ein über 3 Meter langer Rahmen von Wallnussholz in den Boden eingelassen; über zwei auf denselben genietete Schienen wird der photographische Apparat hin- und hergefahren. Das Mikroskop *B*, welches Woodward zu seinen Experimenten verwendet (Fig. 330), ist zum Querlegen eingerichtet; das Licht wird dem Objekttisch *k* durch die Sammelröhre *m* zugeführt. Bei *h* befinden sich die Objektivlinsen, während bei *j* das Okularsystem, welches Woodward während der Aufnahmen entfernt, seinen Platz hat. Die photographische Vorrichtung *fg* ist in gleicher Höhe mit dem Mikroskope angebracht; sie kann von diesem entfernt und ihm genähert, sowie hoch und tief gestellt werden. Vor jeder Aufnahme stellt Woodward mit dem Okular *J* das mikroskopische Bild bei direkter Beobachtung des Objektes

scharf ein, entfernt alsdann das Okular und begiebt sich zu dem einige Schritte entfernten photographischen Apparate *A*. Dieser steht durch eine eigenthümliche konische Kronradverbindung (Fig. 332) mit dem Mikroskope in Zusammenhang. Ein Stab (Fig. 333) führt nämlich auf dem Boden des Zimmers von *a* nach *a'*, d. h. von der Camera (siehe Fig. 330) zum Mikroskop. Während der Photographirende auf die Mitte der Scheibe sieht, hat er den Knopf *e* (Fig. 333), welcher den Stab *f d* regiert, zur Hand. Zu seinen Füssen befindet sich die Kronradvorrichtung *b*, mittels welcher die Bewegungen der Schraube *e* auf das Mikroskop übertragen werden. Die Kronräder, welche bei *b* in einander greifen, drehen die Stange *a a* um ihre Achse. Senkrecht unter dem Mikroskop ist eine Rolle angebracht (Fig. 330), mit welcher eine zweite Rolle *h* durch einen über beide Rollen gehenden gespannten Faden in Verbindung steht. Wird nun bei *e* (Fig. 333) gedreht, so wird die Bewegung auf die beiden Rollen (Fig. 330) übertragen und da die Rolle *h* an die Mikrometerschraube befestigt ist, so wird auch diese von *e* aus beeinflusst. Durch diese ebenso einfache als praktische Vorrichtung wird das Bild auf der matten Scheibe der Camera scharf eingestellt.

Fig. 332. Kronradverbindung an Woodward's Photomikroskop.

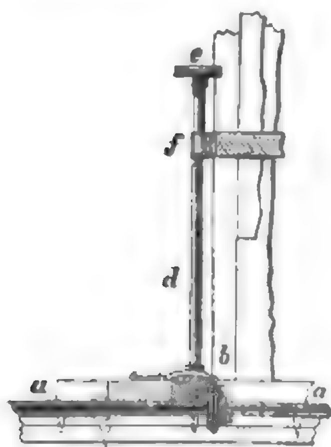



Fig. 333. Stangenwerk an Woodward's Apparat.

Alle Sachkenner stimmen darin überein, dass die mikrophotographischen Gesammtvorrichtungen Woodward's und die durch dieselben erzielten Mikrophotogramme zu dem Gediegensten gehören, was bis heute in dem betreffenden Fache geleistet worden ist.

### b. Apparate zur Darstellung stereoskopischer Mikrophotogramme.

Bei der Beobachtung durch ein gewöhnliches Mikroskop gewahrt das Auge nur Flächenbilder; um Tiefendimensionen zu beurtheilen, muss der Tubus durch die Mikrometerschraube hoch und tief gestellt werden. Die mikroskopischen Präparate machen dagegen bei Beobachtung mittels stereoskopischer Mikroskope den Eindruck des Körperlichen. Riddel in Nord-Amerika hat die ersten stereoskopischen oder binokularen Mikroskope angefertigt, welche in neuerer Zeit, besonders in England durch Ross und in Frankreich durch Nachet verbessert

worden sind. Hauptsächlich in England sind derartige Doppelmikroskope sehr verbreitet, in Deutschland aber konnten sie sich keinen Eingang in die mikroskopische Praxis verschaffen. Figur 334 zeigt ein derartiges stereoskopisches Binokularinstrument. Zwischen den beiden Tuben und dem Objektiv befinden sich in einem Messingkästchen 3 Prismen, welche so angeordnet sind, dass die durch das Objektiv gebrochenen Lichtstrahlen die Unterfläche des Prisma *A* (Fig. 235) treffen, hier in 2 Bündel zerlegt und auf die beiden Prismen *B* und *C* geworfen werden. Nachdem die Lichtstrahlen eine zweite Brechung erlitten, gelangen sie in die beiden parallel stehenden Tuben und es erhält auf diese Weise jedes Auge ein gleichsam von verschiedener Richtung aus gesehenes Bild mit stereoskopischem Effekt (vgl. S. 40). Um stereoskopisch-mikroskopische Photographien darzustellen, könnte man *eine* Camera über beide Tuben setzen und beide Bilder zugleich aufnehmen; es ist aber zur Darstellung derartiger Photogramme ein einfaches mit einem mikrophotographischen Apparate verbundenes Mikroskop vollkommen genügend, indem man mit demselben nacheinander zwei Bilder aufnimmt und dabei die nöthigen Erfordernisse des stereoskopischen Effekts berücksichtigt; es wird zu diesem Behufe bald die eine, bald die andere Seite des Gläschens, auf dem das Präparat befestigt ist, mit einem kleinen Pappdeckelstreifen etwas erhöht, so dass der Objektträger eine minimal schiefe Ebene mit dem Objekttische bildet, welche Methode von Babo schon im Jahre 1861 angegeben hat. Man kann auch nach den Angaben des Genannten zwei Photographien zur Erreichung eines körperlichen Eindrucks ohne Aenderung der Lage des Objektglases herstellen, wenn bei der ersten Aufnahme das Mikroskop auf die oberflächlich gelegenen, bei der zweiten auf die tiefer gelegenen Theile des

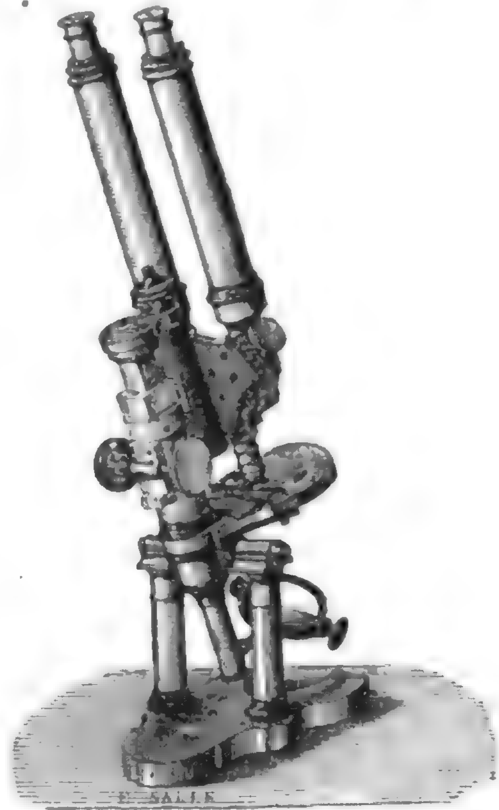


Fig. 334. Binokulares Mikroskop.

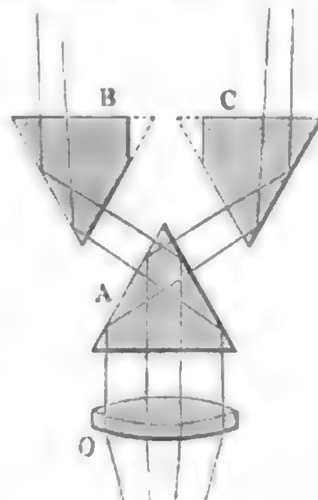



Fig. 335. Gang der Lichtstrahlen durch 3 Prismen.

Präparates eingestellt wird. Betrachtet man die beiden auf diesem Wege gewonnenen Bilder mit einem Stereoskope, so machen dieselben einen wenn auch nicht vollkommen stereoskopischen, doch eigenthümlich plastischen Effekt. Verbindet man aber beide Methoden, d. h. nimmt man die beiden Bilder unter schiefer Ebene auf und stellt zugleich beide mit differenter Stellung des Tubus, d. h. einmal höher, einmal tiefer ein, so gewähren die Abbildungen einen nach allen Richtungen vollkommen richtigen, stereoskopischen Eindruck. Um bei Herstellung der Bilder die Neigung der Gegenstände gegen die Achse des Mikroskops bequem ändern und sie mit Leichtigkeit wieder in die frühere Stellung zurückbringen zu können, hat von Babo eine kleine Wippe von Messingblech konstruirt, die vertikal verschiebbar ist und mit etwas Wachs auf dem Tische des Mikroskops befestigt wird. Durch dieselbe wird der ebenfalls mit Wachs befestigte Objektträger nach beiden Seiten um etwa 5° geneigt. Bei der Anwendung dieser Methode hat man besonders darauf zu achten, dass das abzubildende Objekt genau in der Ebene der Drehungsachse, welche durch das Unterschieben der Pappblättchen bedingt ist, verbleibt. Sehr leicht kann bei der Hebung des Objektes dessen horizontale Richtung sich ändern, und es würde ein anderes Bild als das gewünschte zum Vorschein kommen, wenn man diesem Uebelstande nicht vorbeugte. Benecke hat, um derartige Vorkommnisse zu verhüten, eine stereoskopische Wippe konstruirt, welche wir in Figur 336 im Durchschnitt wiedergeben und die mit Leichtigkeit an jedem Mikroskop anzubringen ist.

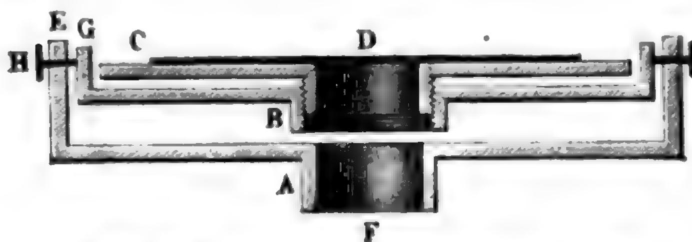


Fig. 336. Benecke's mikrophotographische Wippe.

Eine runde Platte, *A*, ist in der Mitte von einer kreisrunden Oeffnung durchbohrt, an welche sich der in die Oeffnung des Objekttisches passende kleine Tubus *F* anschliesst. Am Rande der Platte sind zwei vertikale Ständer *E*, in welchen sich die Zapfen *H* bewegen, angelöthet; die Zapfen stehen mit einer zweiten Platte *B*, die mit den Ständern *G* versehen ist, in Verbindung. In die Platte *B* ist wiederum in der Mitte ein kurzes Rohr eingelöthet, worin sich eine dritte runde Scheibe *C* mittels eines Schraubenganges auf- und abbewegen lässt. Auf die Platte *C* wird der Objektträger *D* mittels Klemmfedern befestigt. Eine auf der Platte *A* befindliche und in Figur 336 nicht sichtbare Vorrichtung hält die Platte *B* in geneigter Stellung. Die Platte *A* wird auf dem Tische des Mikroskopes mit einer Schraube so befestigt, dass sie sich in der Oeffnung des Objekttisches nicht drehen kann. Nachdem

das erste Bild aufgenommen ist, wird die Platte *B* geneigt, und die zweite Aufnahme erfolgt. Die beiden Bilder entsprechen dann, wenn die richtige Winkeldifferenz gewählt war, vollkommen den an ein stereoskopisches Bild zu stellenden Anforderungen.

Eine ähnliche stereoskopische Wippe zur Anfertigung von Mikrostereogrammen ist von Dr. G. Fritsch in einer Monographie über »das stereoskopische Sehen im Mikroskop« (1873) ausführlich beschrieben worden; wir verweisen, da das betreffende Instrument im Prinzip von dem Benecke'schen Apparate sich nicht unterscheidet, auf die genannte Abhandlung.

### c. MIKROSPEKTROSKOPISCH-PHOTOGRAPHISCHER APPARAT.

Das Mikroskop wurde zum Behufe mikrochemischer und forensischer Untersuchungen mit Spektralapparaten in Verbindung gebracht; dieser Fortschritt auf dem Gebiete mikroskopischer Forschung ist um so wichtiger, als man, besonders in neuester Zeit, den spektralanalytischen Untersuchungen bei physiologischen Studien mehr Aufmerksamkeit geschenkt hat. Jeder mit mikroskopischen Arbeiten Vertraute kann sein Arbeitsinstrument leicht in einen Spektralapparat umwandeln, welches die durch die Zellflüssigkeiten bedingten Absorptionserscheinungen zeigt, wenn er das Mikrospektroskop von Browning in London (Fig. 337) mit seinem Mikroskope verbindet. *G G* ist das Aufsatzrohr, welches nach Entfernung des Okulars in den Tubus des Mikroskops von oben her eingeschoben wird und das sich nur durch die eingefügten Prismen von gewöhnlichen mit zwei Linsen versehenen Okularen unterscheidet. Die Prismen *c* sind so konstruirt, dass die prismatischen Strahlen in gerader Richtung vom Objekt zum Auge gelangen. Der Spalt (vgl. Fig. 256 S. 275) ist über dem Prisma *R* ersichtlich. Die seitliche Oeffnung *o* dient zur Beobachtung eines zweiten Gegenstandes,

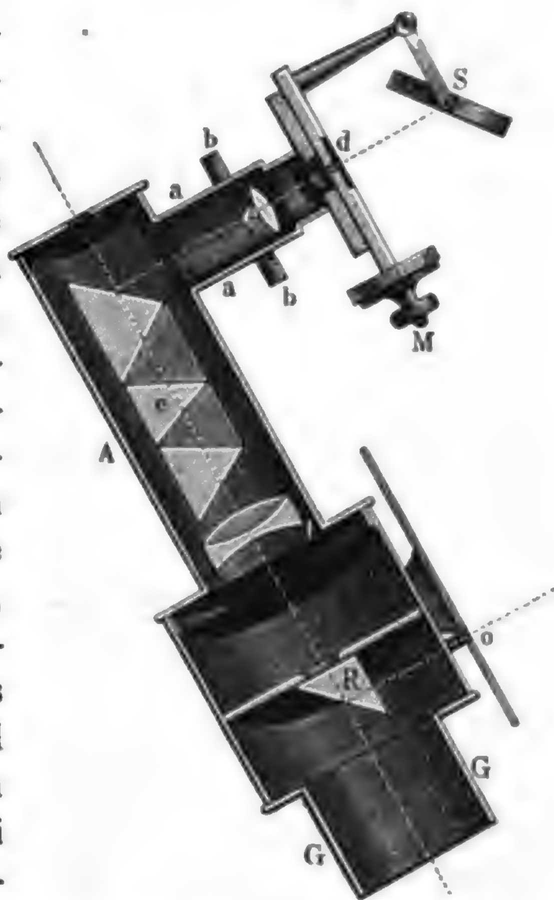


Fig. 337. Mikrospektroskop.

dessen Spektrum mit demjenigen des unter dem Mikroskope befindlichen Körpers verglichen werden soll. Die Strahlen, welche hier eintreten, fallen auf das rechtwinklige Prisma *R* und werden von hier nach der Prismenkombination *c* reflektirt. Der seitlich und rechtwinklig in die Okularröhre *A* eingeschaltete Theil *aa* des Instrumentes ist der von BROWNING konstruirte Messapparat. In das Horizontalrohr wird durch einen Metallspiegel *S* Licht geworfen, so dass es auf das oberste Prisma der Prismenkombination *c* fällt und, von diesem reflektirt, ins Auge des Beobachters gelangt. Das Ende des seitlichen Rohres ist gegen den Spiegel hin durch eine geschwärzte Platte *d* geschlossen, welche kreuzförmig durchsägt ist. Durch diese kreuzförmige Oeffnung wird das durch die Linse *e* konzentrirte Licht von *s* auf die Oberfläche des äussersten Prisma geworfen und es wird auf diese Weise ein sehr scharfes helles Lichtkreuz mit dem Spektrum in das untersuchende Auge reflektirt. Durch die Schraube *M* kann die Platte, welche zu diesem Lichtkreuz Veranlassung giebt, der Länge nach über das ganze Spektrum hin- und hergeschoben werden, so dass es möglich ist, jede FRAUNHOFER'sche Linie mit dem Kreuzungspunkt des Lichtkreuzes zusammen zu bringen und auf diese Weise die genauesten Messungen vorzunehmen. Will man mit diesem Apparat spektrale Mikrophotographien anfertigen, so bringt man ihn unter die Camera (Fig. 321 *c*), stellt das Spektrum auf der matten Scheibe ein und verfährt, wie mehrfach angegeben; es lassen sich alle diejenigen Spektralbilder, deren Farben, wie wir in dem betreffenden Kapitel nachgewiesen haben, einen chemischen Eindruck auf die empfindliche Platte hervorbringen, auch durch das Mikrospektroskop photographisch darstellen und werden wir auf die wichtige bezügliche Anwendung für die forensische Praxis in unserem nächsten Kapitel zurückkommen.

### 5. DIE MIKROPHOTOGRAPHISCHE TECHNIK.

#### a. EINSTELLUNG.

Es bleibt uns nun noch übrig, einige Worte über den Gang einer mikrophotographischen Aufnahme anzufügen. Die meisten mikroskopischen Objektive besitzen eine Fokusdifferenz (vgl. S. 101) und ist daher ein absolut scharfes Bild gewöhnlich nur dann zu erzielen, wenn die Camera nach der scharfen Einstellung auf der matten Scheibe resp. vor der Aufnahme in ihrer Stellung zum Objekte etwas verändert wird. Das einfachste Verfahren, die Fokusdifferenz für ein bestimmtes mikroskopisches Objektiv aufzufinden, beruht darauf, dass man mehrere Aufnahmen nach jedesmaliger geringer Drehung der Mikrometerschraube

hinter einander macht und sich die Stellung derselben zur Erzielung eines scharfen Bildes, sowol für die matte Scheibe, als für die präparirte Platte, am Tubus des Mikroskops bezeichnet. Die Entfernung beider Zeichen von einander entspricht der Fokusdifferenz. Um rationeller zu Werke zu gehen, nimmt man einen fein getheilten Objektiv-Mikrometer mikrophotographisch auf (Fig. 338); eine kleine, mit einer mikroskopischen Strichtheilung versehene Glasplatte, auf welcher ein Quadratmillimeter in 100 Quadrate getheilt ist oder die mikroskopische Photographie irgend einer Anzahl von Buchstaben wird auf den Tisch des Mikroskops gelegt und auf einen der Striche oder der betreffenden Drucklinien scharf eingestellt. Kommen in der Photographie die Mikrometertheilung oder die Buchstaben, z. B. bei 10facher Linearvergrösserung, nach einmaliger Einstellung so scharf, wie wir sie in Fig. 338 *A* und 339 nach entsprechenden Mikrophotographien gezeichnet finden, so hat das Objektiv keine Fokusdifferenz. Nehmen wir aber nun an, ein solches mikroskopisches Präparat zeige uns die Abbildung einer gedruckten Seite von 10 Linien. Legen wir das betreffende Glas unter einem schiefen Winkel auf den Objekttisch, stellen auf der matten Scheibe die zweite Linie scharf ein und es kommt auf der empfindlichen Platte die Vergrösserung der neunten Linie am schärfsten, so existirt eine Fokusdifferenz. Dann müssen wir bei der Fortsetzung unserer Proben, statt auf die Linie 2, auf die Linie 9 einstellen; aus dem Grad der Verschiebung des Tubus, die nöthig ist, um statt der eingestellten zweiten, die neunte Linie scharf zu erhalten, ergiebt sich die Fokusdifferenz des Objektivs, oder mit anderen Worten: wollen wir die Linie 2 (Fig. 339), nachdem wir sie scharf eingestellt haben, auch in der Photographie scharf erscheinen sehen, so müssen wir den Tubus des Mikroskops nach der Einstellung zum Behufe der Aufnahme um die gefundene Differenz verschieben. Die zu diesem Zwecke besonders geeignete Figur 339 zeigt die Mikrophotographie der »mikroskopischen Photographie« einer französischen Taubendepesche, auf deren Anfertigungsart wir im nächsten Paragraphen zurückkommen werden. Wir können übrigens für schwache Vergrösserungen alle diese Manipulationen umgehen, wenn wir nur blaues Licht zulassen. Es kann zu diesem Zwecke in den Tisch des Mikroskops ein blaues Kobaltglas oder ein mit schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak gefüllter kleiner parallelwandiger Glaskasten eingefügt werden. Die Einschaltung blauer Medien wird natürlich erst nach der Einstellung des Bildes vorgenommen, da die Intensität

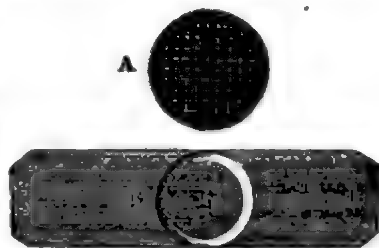


Fig. 338. Glasmikrometer.

des blauen Lichtes wol chemisch sehr wirksam ist, aber optisch zu Einstellungen nicht genügt. Zur Verhüllung des Kopfes dient während des Einstellens, wie bei allen photographischen Aufnahmen, das bekannte schwarze Tuch der Photographen und zwar am besten ein solches von schwarzem Baumwollensammt, oder das konische Aufsatzrohr des Gerlach-schen Apparates (*a* Fig. 322), welches zugleich eine bei jedem Mikroskope anwendbare vergrössernde Lupe enthält. Hat man scharf eingestellt und die Fokusdifferenz, welche übrigens, wie aus Obigem ersichtlich, nicht alle mikroskopischen Objektive besitzen, beseitigt, so ist auf die Beleuchtung der Objekte Rücksicht zu nehmen.

Fig. 330. Mikrophotographie zur Bestimmung der Fokusdifferenz.

b. BELEUCHTUNG.

Die einfachste Beleuchtungsvorrichtung zu unseren Zwecken, ob wir Sonnenlicht, diffuses Tageslicht oder künstliche Lichtquellen anwenden, ist der ebene Spiegel, welcher an den meisten Mikroskopen an der Rückseite des Konkavspiegels angebracht ist. Mit einem Planspiegel direkt auf das Objekt geworfenes Sonnenlicht genügt bei geeigneter Handhabung für die stärksten Vergrösserungen; wenn auch dabei eine längere Expositionszeit nothwendig wird, so haben wir nicht gefunden, dass eine solche den Apparaten schädlich sei, indem die Aufnahmezeit selbst bei den bedeutendsten Linearvergrösserungen niemals eine Minute überdauert. Will man dagegen bei starken Vergrösserungen und kurzer Expositionszeit gute Bilder erlangen, so ist ein Hohlspiegel anzuwenden, dessen Strahlen noch durch verschiedene unter dem Präparate anzubringende Linsen konzentrirt werden können. Für schwache Vergrösserungen bis zur fünfzigfach-linearen ist das gewöhnliche Tageslicht vollkommen ausreichend. Sollte man befürchten,

dass die Platte während einer zu langen Expositionszeit trocken werde, so möge man solche vor der Belichtung mit einer glycerinhaltigen Höllensteinlösung, nach der Imprägnation mit Jodsilber, übergiessen. Gerlach wandte bei seinen mikrophotographischen Arbeiten eine Beleuchtungslinse von 25 Centimeter Brennweite in Verbindung mit einem konkaven Spiegel von 4,5 Centimeter Brennweite (Fig. 340) an. Die Entfernung von Spiegel und Beleuchtungslinse beträgt dabei 7 Centimeter; letztere wird in die Centralöffnung des Mikroskoptisches eingefügt. Von wesentlicher Bedeutung für die Beleuchtung zum Zwecke der Anfertigung mikroskopischer Photographien ist die richtige Anwendung der Blendungen, durch welche die störenden Randstrahlen abgehalten werden. Für schwächere Vergrösserung werden weitere, für starke Vergrösserungen zur Erreichung erhöhter Deutlichkeit engere Blendungen in die Bohrung des Objekttisches eingefügt.

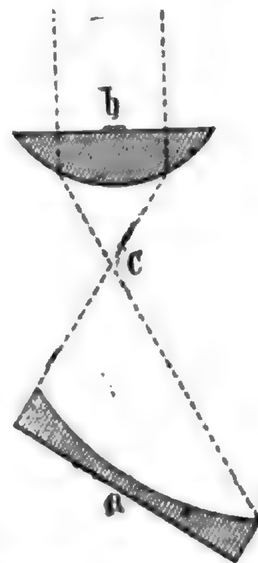


Fig. 340. Gerlach's Kondensator.

Benecke benutzt zur Beleuchtung der Objekte 2 zusammengehörige Konvexlinsen, deren eine 5—6 Centimeter Durchmesser und 25—30 Centimeter Fokaldistanz hat, während die andere sehr klein und von sehr kurzer Brennweite ist. Auf erstere fällt das von einem grossen Silberspiegel reflektirte parallele Sonnenlicht, welches in konvergentes Licht verwandelt wird; dieses fällt auf die kleinere Linse, welche je nach ihrer Stellung in verschiedener Weise auf den Gang der Lichtstrahlen weiter modifizirend einwirkt.

»In Figur 341 ist *A* die grössere Konvexlinse, durch welche das von dem Spiegel reflektirte Sonnenlicht *S* einfällt, im Hauptbrennpunkte *F* vereinigt und nach der kleineren Konvexlinse *B* gelenkt wird. Wenn die Stellung der beiden Linsen, bemerkt Benecke, eine solche ist, dass ihre Brennpunkte in *F* zusammenfallen (No. 1 der Figur), so muss durch die kleine Linse *B* das Licht in Form eines unendlich langen Cylinders von parallelen Strahlen hindurchtreten und das Objekt erhält, in jedem beliebigen Querschnitte dieses Cylinders aufgestellt, immer konzentrirtes paralleles Licht. Nähert man aber die Linse *B* dem Brennpunkte der grossen Linse *A* (No. 2 der Figur), so müssen die Lichtstrahlen aus der Linse *B* divergirend heraustreten, wodurch das Objekt von einem Lichtkegel beleuchtet wird, dessen Spitze sich zwischen den beiden Linsen in dem Brennpunkte *F* der Linse *A* befindet. Bringt man die kleine Linse *B* zwischen die grössere Linse *A* und ihren Brennpunkt (No. 3 der Figur), so wird die Konvergenz

der Lichtstrahlen vermehrt und in einem zwischen dem Brennpunkte *F* und der Linse *B* gelegenen Punkte *F'* ein sehr kleines und sehr helles Sonnenbildchen entworfen. Ein an diese Stelle gebrachtes Objekt befindet sich dann gerade im Brennpunkte der konvergirenden Lichtstrahlen, während ein jenseit *F'*, z. B. in *F*, aufgestelltes Objekt durch divergentes Licht beleuchtet würde. In No. 4 der Figur wird konzentrirtes paralleles Licht durch ein zwischengeschobenes bikonkaves Zerstreuungsglas erzeugt.

Von den beschriebenen verschiedenen Anordnungen der zum Beleuchtungsapparat gehörigen Linsen ist die in No. 3 der Figur abgebildete für die meisten Fälle am zweckmässigsten und namentlich bei Anwendung starker Objektive brauchbar. Dieselbe liefert nicht nur eine höchst intensive, von der Grösse der Linse *A* abhängige Beleuchtung, sondern verhütet auch die Entstehung irgend welcher Diffraktionserscheinungen, da bei ihrer Anwendung das abzubildende Objekt mit dem Brennpunkte der konvergenten Strahlen zusammenfällt. Damit dies aber in so exakter Weise der Fall sei, wie wir es eben ausgesprochen haben, wäre es nothwendig, dass die Sonnenstrahlen nach ihrer Kreuzung in *F'* genau denselben Weg einschlügen, wie die von dem Objektiv ausgehenden, zur Formation des Bildes dienenden Lichtstrahlen, dass also die Konvergenz des zur Beleuchtung angewandten Lichtes nicht nur für jedes Objektiv, sondern auch bei Anwendung desselben Objektives für jede verschiedene Stellung der photographischen Platte eine andere sei, eine in der Praxis schwer zu beseitigende Schwierigkeit.«

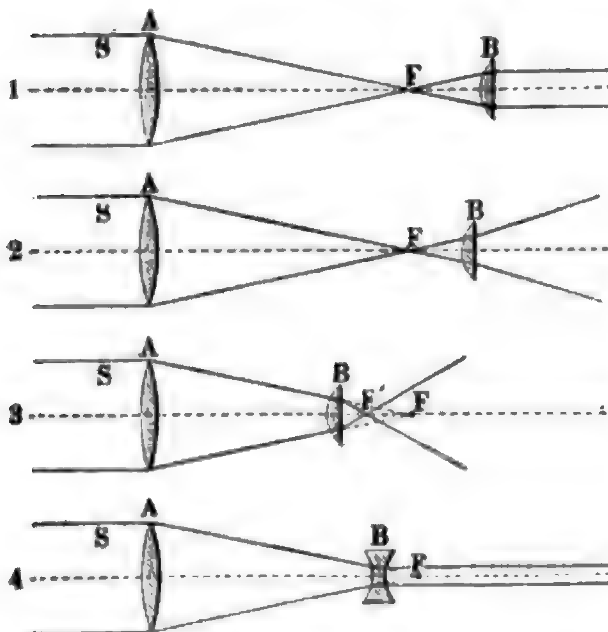


Fig. 341. Beleuchtungsmethoden (nach Benecke).

Wir haben ausgezeichnete Resultate, z. B. die sogenannten Sechsecke von Pleurosigma angulatum (Tafel XI Fig. 1), mit einfachem, nur durch den Hohlspiegel des Mikroskops konzentrirtem Sonnenlichte erhalten und können uns keineswegs über Diffraktionserscheinungen oder störende Lichtreflexe auf der matten Scheibe beklagen. Bei der Mikrophotographie ist das praktische Experiment allen theoretischen Beleuchtungskünsten, welche nach unserer Erfahrung zu weit weniger günstigen Resultaten führen, bei weitem vorzuziehen. — Mikrophotogramme

undurchsichtiger Gegenstände kann man nur bei sehr schwacher Vergrösserung darstellen. Brauchbar ist zur Beleuchtung derselben der LIEBERKÜHN'sche Spiegel (Fig. 342); die auf den Planspiegel *a* fallenden Strahlen werden von diesem parallel nach *d* geworfen und von der parabolisch geschliffenen Spiegelfläche *d* auf das Objektglas *b* konzentrirt zurückgebeugt. Im Centrum des Spiegels befindet sich das zur Aufnahme geeignete Objektiv *c*. Will man ein transparentes Objekt zum Zwecke einer photographischen Aufnahme von oben beleuchten, so muss ein Stück mattschwarzes Papier (*e* Fig. 342) unter das Objekt gebracht werden.

Fig. 342. Lieberkühn'scher Spiegel.

Polarisirtes Licht eignet sich in den wenigsten Fällen zu mikrophotographischen Aufnahmen, indem durch die Verdunkelung des Gesichtsfeldes zu viele chemisch wirksame Strahlen absorbirt werden.

### c. DIE AUFNAHME.

Ist das zu photographirende mikroskopische Objekt für das Auge scharf eingestellt, so nimmt man das Okular weg und setzt den oben geschilderten photographischen konischen Aufsatz (Fig. 323) an dessen Stelle auf die Mikroskopröhre. Es wird sich dann auf der matten Scheibe ein nicht ganz scharfes Bild vorfinden, welches durch wenige Drehungen an der Mikrometerschraube mittels einer Lupe mit Leichtigkeit, für den Fall, dass keine Fokusdifferenz statt hat, scharf eingestellt werden kann. Findet Fokusdifferenz statt, so ist dieselbe in angegebener Weise zu korrigiren. Ist dieses geschehen, so schiebt man zwischen den Beleuchtungsspiegel und das Objekt eine kleine schwarze Scheibe, welche das Licht vorerst abhält. Dieselbe wird an ein kleines Stativ, wie wir es in Fig. 343 abgebildet, festgeschraubt. Die Glasplatte, auf welche das Bild aufgenommen werden soll, wird in der bekannten Weise präparirt (vgl. S. 101), die Kassette an Stelle der matten Scheibe gebracht und deren Schieber aufgezogen. Hierauf wartet man

Fig. 343. Lichthemmer.

ungefähr eine Minute, bis sich keine Erschütterungen des Apparates mehr bemerklich machen, entfernt durch eine kleine Drehung die Pappscheibe zwischen Spiegel und Objekt und gewährt dem Lichte Zutritt, damit die Wirkung beginne. Ist genügend exponirt, so schiebt man die Scheibe (Fig. 343) wieder zwischen Spiegel und Objekt und drückt dann erst den Schieber der Kassette zu, um das Bild entweder im dunkeln Raume hervorzurufen, oder, falls man den Heliopiktor (S. 143) angewendet hat, sofort nach der in dem betreffenden Kapitel angegebenen Methode die Hervorrufung und Vollendung des Negativs im Lichte vorzunehmen. Die Präparation der Platten zu mikrophotographischen Aufnahmen entspricht vollkommen den Arbeiten für gewöhnliche photographische Darstellungen und verweisen wir in dieser Beziehung auf das Kapitel über photographische Technik. Wir haben die gewöhnlichen einfachen Methoden für alle Fälle vollkommen hinreichend gefunden und geben unsere Mikrophotogramme, Tafel VIII und IX, dafür hinreichende Beweise. Da aber andere Forscher auf diesem Gebiete besondere Präparationsmethoden für starke Vergrösserungen angeben, so wollen wir auch diese berücksichtigen. Es eignet sich zu diesem Zwecke nach Reichard in erster Linie eine Mischung von Kollodium und Albumin.

Fig. 344. Kopflaus des Menschen (nach einer Mikrophotographie).

Derselbe theilt in seinem Kompendium der mikroskopischen Photographie Folgendes über seine Methode mit:

Nachdem man eine Glasplatte gereinigt hat, überzieht man sie mit Kollodium, bringt sie in das Silberbad und wäscht sie nach dem Herausnehmen aus dem Bade oberflächlich mit Wasser ab. Ist dies geschehen, so überzieht man sie mit einer wässerigen Albuminlösung (vgl. Seite 102). Nachdem man diese Lösung mehreremal hat über die Platte fliessen lassen, wäscht man sie sehr sorgfältig ab, damit nicht die geringste Spur Albumin auf der Platte zurückbleibe. Ist die Platte nun ganz rein gewaschen, so überzieht man sie mit einer Höllensteinlösung von folgender Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Salpetersaures Silberoxyd | 10 Gramm, |
| Destillirtes Wasser | 100 „ |
| Salpetersäure | 5 Tropfen, |

den Ueberschuss lässt man wieder in das Gefäss zurückfliessen, bringt die Platte in die Kassette und mit dieser in den Apparat. Nach der Exposition giesst man sofort den Entwickler auf, welcher folgendermassen zusammengesetzt ist:

| | |
|---|---|
| Pyrogallussäure | 1 Gramm |
| Wasser | 90 Kubikcentimeter |
| Ameisensäure | 30 „ „ |

Unter diesem Entwickler erscheint das Bild sehr bald und erlangt auch die nöthige Kraft. Ist diese eingetreten, so wäscht man die Platte ab und fixirt das Bild mit unterschwefligsaurem Natron, wäscht abermals sorgfältig ab, stellt die Platte zum Trocknen an einen warmen Ort und lackirt sie.

Ein anderes Verfahren Reichard's, welches zwar etwas umständlicher, als das eben beschriebene sein, dafür aber feinere Bilder geben soll, ist folgendes:

Man reinige zunächst eine Glasplatte, überziehe sie nach dem Putzen mit einem gut jodirten Kollodium und lasse sie trocknen. Nach dem Trocknen tauche man sie in eine schwach jodirte Albuminlösung von folgender Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Albumin | 30 Kubikcentimeter, |
| Destillirtes Wasser | 150 „ „ |
| Jodammonium oder Jodkalium | 4 Gramm. |

Man schlägt die Mischung zu Schaum und lässt sie 24 Stunden ruhig stehen. Die Flüssigkeit, welche sich am Boden des Gefässes gesammelt hat, bringt man beim Gebrauche in eine flache Schale, in welche man die zu albuminirende Platte ebenso eintaucht, wie in ein Silberbad, jedoch mit der Bildseite nach unten. In diesem Bade hebt und senkt man

die Platte so lange, bis sie von Flüssigkeit gleichmässig befeuchtet ist, nimmt sie dann aus dem Bade und lässt sie allmählich trocken werden.

Durch diese Behandlung der Platte sind die Poren des Kollodiums geschlossen; die Platte ist mit einer dünnen Albuminschicht überzogen, welche jedoch nicht so dicht ist, dass sie nicht auch die Bildung des Jodsilbers in der Kollodiumhaut zuliesse. — Wird nun eine solche Platte in das Silberbad getaucht, so bildet sich, neben Jod- und Bromsilber, auch lichtempfindliches Silberalbuminat. Ist die Platte genügend mit Jodsilber imprägnirt, was bei dieser Methode etwas länger dauert als bei anderen, so nimmt man die Platte heraus, legt sie in die Kassette und exponirt. Nach der Exposition wird das Bild mit obiger Pyrogallussäurelösung entwickelt, fixirt und nach dem Trocknen gefirnisst.

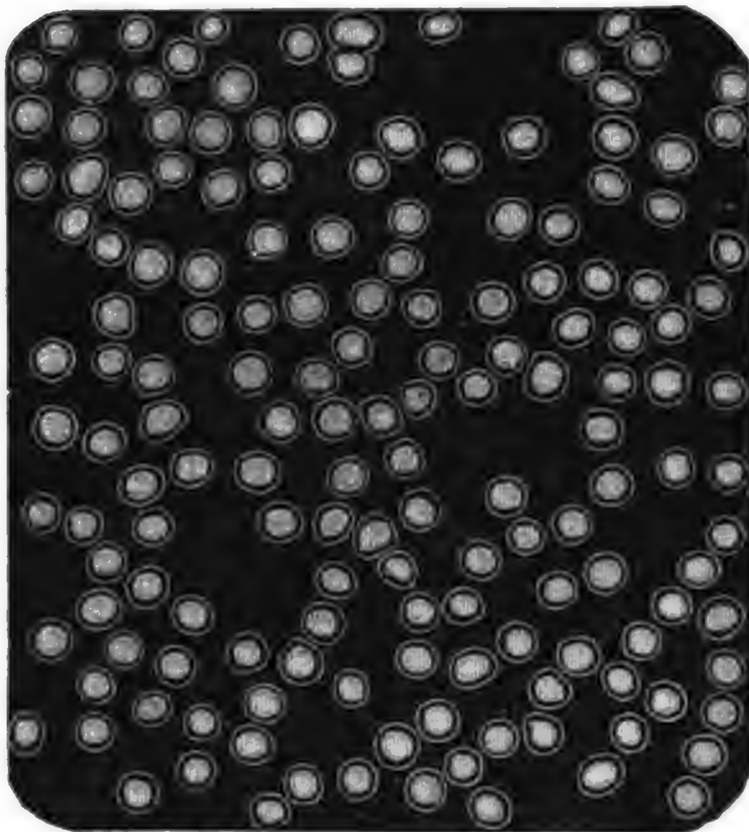


Fig. 345. Menschliches Blut (nach einer negativen Mikrophotographie).

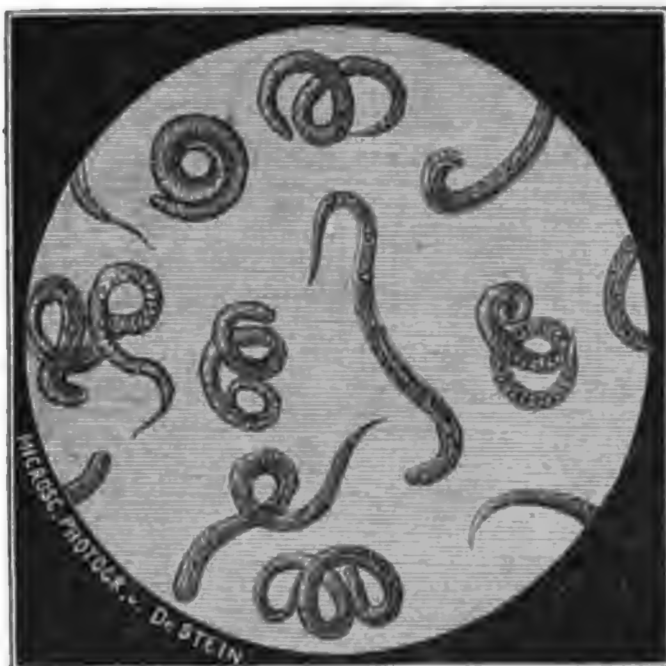



Fig. 346. Muskeltrichinen (Photoxylographie).

Reichard hofft durch diese Manipulation die in der Kollodiumschicht vorhandenen mikroskopischen Poren zu beseitigen. Obwol wir nicht bestreiten, dass man mit dem Albuminverfahren in manchen Fällen feinere Bilder als mit dem Kollodiumverfahren zu erzielen vermag, so müssen wir trotzdem wiederholt betonen, dass uns das

letztere bis jetzt in keinerlei Weise in Stich gelassen hat. Es mag vielleicht in der Qualität des angewendeten Jodkollodiums liegen, dass vorhandene Poren bei abermaliger Vergrösserung des Negativs störend einwirkten. Bei den von uns benutzten Jodkollodien aber haben wir bis jetzt selbst bei starker Vergrösserung der Negative (vgl. Tafel X) keine Poren bemerkt.

### d. DIE VERVIELFAELTIGUNG DER NEGATIVE.

Was die zur Kopie mikrophotographischer Platten verwendbaren Methoden anbelangt, so ist jeder der oft erwähnten Prozesse verwendbar (siehe das Kapitel photographische Technik). Besondere Erwähnung mögen an dieser Stelle noch die GERLACH'schen Abbildungen von Injektions- und Imbibitions-Präparaten in den der Natur entsprechenden Farben finden. Nach dem in einem früheren Kapitel geschilderten Kohlendruckverfahren wird rothe Gelatinmasse mit einem Pinsel auf Papier gestrichen und getrocknet. Man lässt dieses rothe Papier im Dunkeln auf einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali (4 auf 100 Wasser) 5 Minuten lang schwimmen und hängt es an einer gespannten Schnur zum abermaligen Trocknen auf, worauf man es unter einem Negativ dem Lichte aussetzen kann; man belichtet mit Hülfe eines Photometers (vgl. S. 52), nimmt das Bild zu geeigneter Zeit aus dem Kopirrahmen und ruft es mit warmem Wasser hervor. Die von dem Lichte nicht getroffenen Theile der Gelatine werden sich in dem Wasser lösen und eine rothe hübsche Reliefzeichnung, welche vollkommen das Bild des Präparates auch in der Farbe wiedergiebt, wird zurückbleiben. Um blaue Bilder zu erzielen, setzt man der Gelatine Anilinblau zu. Ebenso können alle organischen Farbstoffe — wie z. B. Blutfarbstoff für die Photographie der Blutkörperchen — zur Erzielung irgend einer Farbe beigemengt werden.

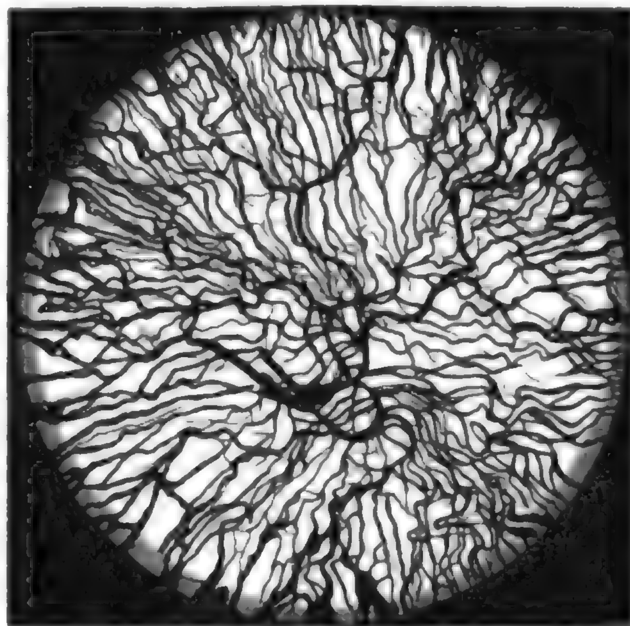


Fig. 347. Hintere Kapsulararterie des embryonalen Katzenauges (Mikrophotographie).

Für die Anfertigung von mikrophotographischen Bildern zur Illustration naturwissenschaftlicher Werke verweisen wir auf die Kapitel über Phototypie und Photolithographie, da sich gerade diese Methoden,

wie unsere Probetafeln zeigen, ganz besonders zur Massendarstellung von Mikrotypien eignen.

### 6. STEIGERUNG DER VERGRÖSSERUNG DURCH DIE PHOTOGRAPHIE.

Hat man ein gutes Negativ erlangt, so kann dasselbe wiederholt vergrössert aufgenommen werden, wodurch manche feineren Bildmerkmale, welche bei direkter Betrachtung der Platte nicht sichtbar waren, zur Anschauung kommen. Um derartige Arbeiten auszuführen, benutze ich kleine viereckige Holzrahmen, welche mittels eines hoch und niedrig zu stellenden Fussgestells an ein mit weissem Seidenpapier überzogenes Fenster befestigt werden. Ein Holzrahmen (Fig. 348 *ABCD*) trägt vier verstellbare Holzstäbe (*aaaa*), welche mit Metallklammern an den viereckigen Rahmen befestigt und durch Vor- und Zurückschieben für kleinere und grössere Negative zu benutzen sind. Vor diesem Rahmen steht die in Figur 336 abgebildete Ausziehcamera. Der in der betreffenden Figur ersichtliche Stab *ae* wird bei *e* so weit gesenkt, dass die Camera *AB* sowie die Röhre *DF* in horizontale Richtung zu stehen kommen. Der ganze mikroskopische Apparat *abcde* wird abgeschraubt und an dessen Stelle ein Steinheil'sches Aplanat (Fig. 284) eingesetzt. Die ganze Vorrichtung wird nach Massgabe der gegenüberstehenden Tabelle entsprechend der beabsichtigten Vergrösserung, dem Negativ genähert oder von demselben entfernt (Fig. 349).

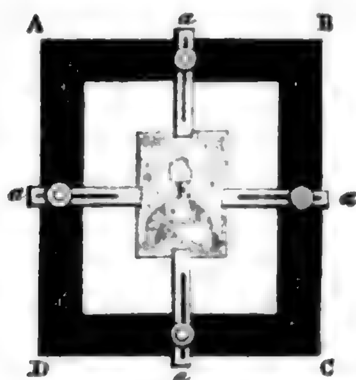


Fig. 348. Einstellrähmchen.

Die Wahl der Nummern des Steinheil'schen Aplanates richtet sich nach dem Umfange der zu vergrössernden Originalplatte. Für kleinere Platten eignen sich die Aplanate von kleinerer, für grössere die Aplanate von grösserer Oeffnung. Das Aplanat von 11 Linien Durchmesser dürfte zur Negativvergrösserung am geeignetsten sein, weil dasselbe zugleich für direkte Aufnahmen grösserer transparenter Objekte brauchbar ist. Will man mit dem Aplanat sehr bedeutende Vergrösserungen der Negativplatte erzielen, so reicht eine Camera, selbst wenn man sie in einer Länge von 2 bis 3 Meter ausziehen könnte, nicht mehr hin, es muss daher eine Einrichtung, wie wir sie oben bei dem Woodward'schen Apparat (S. 353) geschildert haben, zur Anwendung kommen.

Nach Woodward's Methode wird in diesem Falle zwischen den Beleuchtungsspiegel, welcher das Sonnenlicht in das Aufnahmezimmer hereinwirft und das zu beleuchtende Negativ oder das zu vergrössernde Präparat eine grosse Sammellinse eingefügt, so dass deren Brennpunkt

| Beabsichtigte Vergrösserung | I. Aplanat von 7‴ Brennweite $8^1/_2$″ | | II. Aplanat von 11‴ Brennweite $5^1/_4$″ | | III. Aplanat von 14‴ Brennweite 7″ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Abstand des | | Abstand des | | Abstand des | |
| | matten Glases | Objektes | matten Glases | Objektes | matten Glases | Objektes |
| | Centimeter | Centimeter | Centimeter | Centimeter | Centimeter | Centimeter |
| 1mal | 19.0 | 19.0 | 29.0 | 29.0 | 38 | 38.0 |
| 2mal | 28.5 | 14.2 | 43.5 | 21.8 | 57 | 28.5 |
| 3mal | 38.0 | 12.7 | 58.0 | 19.3 | 76 | 25.3 |
| 4mal | 47.5 | 11.9 | 72.5 | 18.1 | 95 | 23.8 |
| 5mal | 57.0 | 11.4 | 87.0 | 17.4 | 114 | 22.8 |
| 6mal | 66.5 | 11.1 | 101.5 | 16.9 | 133 | 22.2 |
| 7mal | 76.0 | 10.9 | 116.0 | 16.6 | 152 | 21.7 |
| 8mal | 85.5 | 10.7 | 130.5 | 16.3 | 171 | 21.4 |
| 9mal | 95.0 | 10.6 | 145.0 | 16.1 | 190 | 21.1 |
| 10mal | 104.5 | 10.5 | 159.5 | 15.9 | 209 | 20.9 |
| 11mal | 114.0 | 10.4 | 174.0 | 15.8 | 228 | 20.7 |
| 12mal | 123.5 | 10.3 | 188.5 | 15.7 | 247 | 20.6 |
| 13mal | 133.0 | 10.2 | 203.0 | 15.6 | 266 | 20.5 |
| 14mal | 142.5 | 10.2 | 217.5 | 15.5 | 285 | 20.4 |
| 15mal | 152.0 | 10.1 | 232.0 | 15.5 | 304 | 20.3 |
| 16mal | 161.5 | 10.1 | 246.5 | 15.4 | 323 | 20.2 |
| 18mal | 180.5 | 10.0 | 275.5 | 15.3 | 361 | 20.1 |
| 20mal | 199.5 | 10.0 | 304.5 | 15.2 | 399 | 20.0 |
| 25mal | 247.0 | 9.9 | 377.0 | 15.1 | 494 | 19.8 |
| 30mal | 294.5 | 9.8 | 449.5 | 15.0 | 589 | 19.6 |
| 35mal | 342.0 | 9.8 | 522.0 | 14.9 | 684 | 19.5 |
| 40mal | 389.5 | 9.7 | 594.5 | 14.9 | 779 | 19.5 |
| 50mal | 484.5 | 9.7 | 739.5 | 14.8 | 969 | 19.4 |
| 60mal | 579.5 | 9.7 | 884.5 | 14.7 | 1159 | 19.3 |
| 70mal | 674.5 | 9.6 | 1029.5 | 14.7 | 1349 | 19.3 |
| 80mal | 769.5 | 9.6 | 1174.5 | 14.7 | 1539 | 19.2 |
| 90mal | 864.5 | 9.6 | 1319.5 | 14.7 | 1729 | 19.2 |
| 100mal | 959.5 | 9.6 | 1464.5 | 14.6 | 1919 | 19.2 |
| 150mal | 1434.5 | 9.6 | 2189.5 | 14.6 | 2869 | 19.1 |
| 200mal | 1909.5 | 9.5 | 2914.5 | 14.6 | 3819 | 19.1 |

Fig. 349. Vergrösserungstabelle.

in die Mitte des zur Aufnahme bestimmten Objektivs, z. B. eines Aplanates fällt, während das Negativ selbst in den Lichtkegel der Sammellinse gestellt wird. Welch treffliche Resultate sich mit dieser Vergrösserungsmethode erzielen lassen, beweisen unsere Tafeln VIII, IX und X. So sehen wir auf Tafel VIII, Figg. 1 und 2, direkte Aufnahmen von anatomischen Präparaten, mittels des Aplanates von 11 Linien Oeffnung, während Tafel X die vergrösserte Kopie des auf Tafel IX Fig. 1 abgebildeten bekannten Objektes Pleurosigma angulatum wiedergiebt. Figur 350 zeigt dieses Objekt schematisch vergrössert, indem auf der

einen Seite die bei Anwendung einer schwächeren Linse sichtbare Querstreifung, auf der anderen die bei Anwendung stärkerer Gläser sich ergebende schiefe Streifung dargestellt ist. Bei Anwendung von sehr starken Objektiven mit bedeutender Definitionskraft vereinigt sich das Bild beider Streifungen zu kleinen Figuren, welche man bisher für Sechsecke gehalten hat (Fig. 351); dass diese vermeintlichen Polygone keine Sechsecke, sondern rundliche Vertiefungen des auf Tafel IX Fig. 1 ersichtlichen Kieselpanzers des Pleurosigma sind, beweisen die Abdrücke eines vergrösserten Original-Negativs (Tafel X). Wir sehen hier hübsch geordnete kleine ringförmige Figuren, deren Rand dunkler und deren Centrum heller erscheint, ein Beweis, dass die betreffenden Ringe in der Natur Vertiefungen darstellen, welche am Rande das Licht in geringerem Grade durchlassen, als in der Mitte. Würden diese ringförmigen Bilder Erhöhungen oder Verdickungen des Kieselpanzers sein, so müsste die Mitte der Ringe dunkler erscheinen, als deren Rand. Es ist mithin hier durch die Photographie die Streitfrage positiv gelöst, dass die kleinen Interstitien erhabene Ränder um die Vertiefungen bilden. Die sechseckige Form der Pleurosigma-Elemente kann demnach nur auf einer durch schiefe Beleuchtung des Objektes hervorgerufenen optischen Täuschung beruhen, die wir übrigens auch künstlich an unseren Photogrammen erhalten, wenn wir in schiefem Winkel über die Bildfläche hinsehen. Noch deutlicher treten diese Verhältnisse zu Tage, wenn man ein auf obige Methode gewonnenes Glasbild mittels der Laterna magica (vgl. Kapitel XII), nochmals stark vergrössert, an die Wand wirft. Wir gewinnen dadurch einen Beweis, welch ein wichtiges Hülfsmittel die Photographie gewährt, um in den feinen Bau der Organismen einzudringen. Die aktinischen Strahlen machen dem Auge auf indirektem Wege Gewebselemente bemerkbar, welche so klein sind, dass sie selbst mit Hülfe der besten Mikroskope die lichtempfindlichen Gebilde der Netzhaut nicht mehr in Schwingung versetzen.

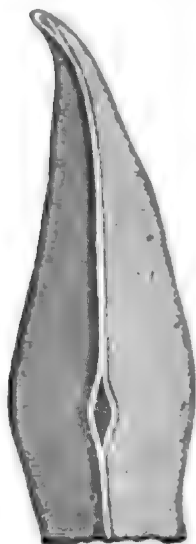


Fig. 350. Probe-Objekt (Pleurosigma angulatum).

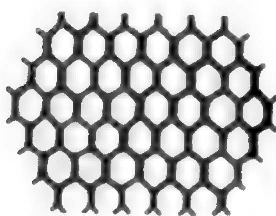


Fig. 351. Angebliche Sechsecke in den Liniensystemen von Pleurosigma angulatum.

Das Originalnegativ unserer Pleurosigma-Photogramme, welches zu obigen Schlüssen Veranlassung gab, ist mit Hartnack's Immersionssystem 9 bei direkter Sonnenbeleuchtung ohne Kondensirungslinsen angefertigt. (Vgl. die Erklärung der Tafeln am Schlusse des Buches.)

## 7. DIE MIKROPHOTOGRAPHISCHEN MESSUNGEN.

Die Vortheile einer genauen Mikrometrie sind in doppelter Hinsicht bemerkenswerth, erstens, weil man dadurch die Leistungen eines Mikroskops zu prüfen vermag und zweitens, weil man die wirkliche Grösse der durch das Mikroskop beobachteten Objekte nur auf diesem Wege genau bestimmen kann.

Bei der Berechnung, wie stark ein Mikroskop vergrössert, sowie bei Vergleichung der Wirkungsart verschiedener Mikroskope mit einander, muss vor Allem der Umstand Berücksichtigung finden, dass die Vergrösserung eines Linsensystems nie eine absolute, sondern immer nur eine relative ist, dass man also mit dem nämlichen Mikroskope, sowol bei direkter Beobachtung durch ein Okular als auch bei Darstellungen mit dem Sonnenmikroskope, stärker und schwächer vergrösserte Bilder erhalten kann, je nachdem einerseits das Netzhautbildchen, andererseits der auffangende Bildschirm von dem Objekte mehr oder weniger entfernt sind. Es ist sogar wahrscheinlich, dass der nämliche Beobachter durch das nämliche Mikroskop die Objekte zu verschiedenen Zeiten in verschiedenem Masstabe vergrössert wahrnimmt, je nachdem er sein Auge im Moment der Beobachtung zur Untersuchung akkommodirt. Ebenso wird dieselbe Einstellung an einem Mikroskope für den einen Beobachter den Eindruck eines stärker, für den anderen eines schwächer vergrösserten Bildes gewähren, weil die Entfernung, in welche man die zu untersuchenden Objekte zu bringen pflegt, wegen der Verschiedenheit der Sehkraft nicht für jedes Individuum die nämliche ist.

Um nun die absolute, vergrössernde Kraft eines Mikroskops zu bestimmen, hat man eine mittlere Sehweite angenommen und auf dieser Grundlage das Mass des Eindruckes bestimmt, welchen die Vergrösserung auf der Netzhaut des Auges hervorbringt; dass bei dieser Methode von absoluten Werthen für ein Mikroskop nicht die Rede sein kann, ist klar, weil eine Gleichheit in der Grösse der Netzhautbildchen nicht stattfindet, und die Vergrösserungsziffern nur für das Auge Desjenigen, der die Bestimmung ausführte, giltig sein können.

Um derartige Berechnungen von der Subjektivität des Beobachters durchaus unabhängig zu machen, bietet uns die Mikrophotographie die einfachsten und sichersten Methoden; wir haben nur von Objekten von bekannter Grösse ein Projektionsbild auf einer matten Scheibe aufzufangen, das Scheinbild entweder mit Zirkel und Messstab direkt auszumessen oder durch Fixirung auf einer lichtempfindlichen Platte festzuhalten, in ein bleibendes Bild umzuwandeln und dann auf diesem unsere Messungen vorzunehmen. Die matte Scheibe muss an

diejenige Stelle im Tubus des Mikroskops gesetzt werden, wo sich das Objektivbild des beobachteten Gegenstandes am schärfsten entwickelt. In einem zusammengesetzten Mikroskope ist die Vergrösserung gleich dem Produkte, welches sich ergiebt, wenn man die Vergrösserungswerthe der Objektivsysteme mit denjenigen der verschiedenen Okulare multiplizirt. Haben wir nun den Vergrösserungswerth eines Objektives durch Projektion des vergrösserten Bildes auf der matten Scheibe

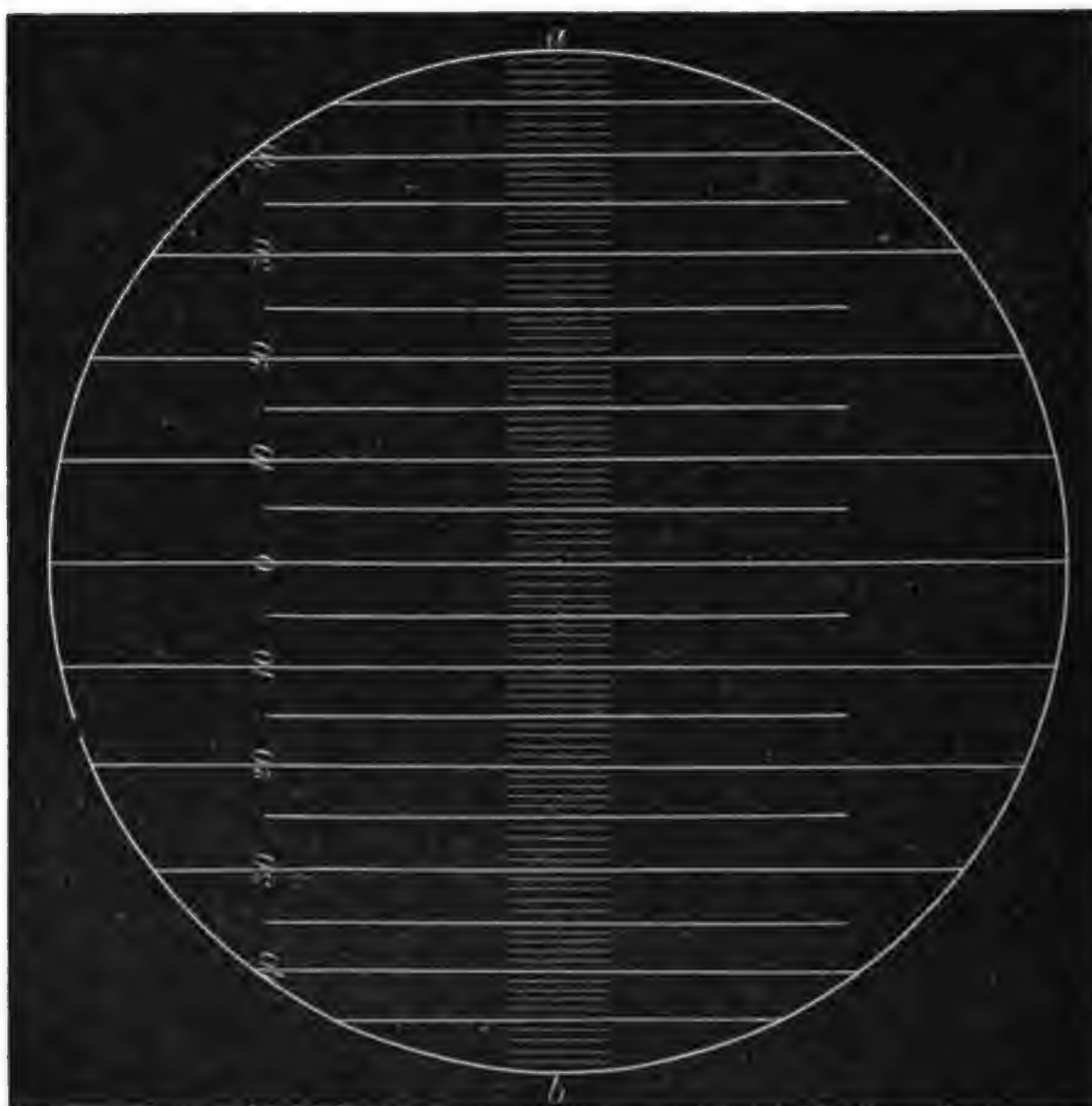



Fig. 352. Mikrophotographie eines Mikrometers (100mal vergrössert).

gefunden, und nehmen wir das Bild der matten Scheibe, nachdem wir es photographisch fixirt, nochmals nach der in dem vorhergehenden Paragraphen angegebenen Methode mit dem zugehörigen Okulare des Mikroskops vergrössert auf; wir erhalten dann, wenn wir die gleichen Entfernungen nehmen, welche das Okular im zugehörigen Mikroskoptubus von dem Objektivbilde zu haben pflegt, eine Bildgrösse auf einer zweiten matten Scheibe, welche dem absoluten Vergrösserungswerthe

des betreffenden zusammengesetzten Mikroskops bei bestimmter Tubuslänge entspricht.

Selbstverständlich muss zu solchen Messungen ein Objekt von bekannter Grösse in Anwendung gebracht werden. Es dienen hierzu am besten Glasmikrometer, von denen man sich überzeugt hat, dass die Dicke der mit einem Diamanten gezogenen Linien überall eine gleichmässige ist, und die Abstände der Striche auch bei Anwendung der stärksten Vergrösserungen überall gleich weit von einander entfernt sind. Sehr genaue Mikrometer werden auf photographischem Wege erhalten, wenn man von einem auf Carton gezeichneten Metermasstabe, der nach seiner ganzen Länge in Millimeter eingetheilt ist, eine scharfe negative Aufnahme von 10 Centimeter Länge abnimmt und dieses Negativ wiederum nach der im nächsten Paragraphen mitzutheilenden Dagron-schen Methode auf Centimetergrösse photographisch reduzirt. Unter dem Mikroskope wird sich alsdann jeder einzelne Millimeter als in hundert Theile getheilt erweisen. Wir machen hier noch besonders darauf aufmerksam, dass man die Mitte, oder die Ränder der Striche auf den Photographien des Mikrometers als Ausgangspunkte bei den Messungen zu beachten hat. Bezüglich der technischen Prüfung der Mikrometertheilungen selbst verweisen wir auf die umfassenderen Lehrbücher der Mikroskopie von Harting, Beale, Dippel und Anderen.

Haben wir nun von einem Mikrometer eine Aufnahme von der Grösse der Figur 352 gewonnen, und wissen wir, dass der ganze Raum, von *a* nach *b*, auf dem gravirten Objektgläschen einen Millimeter beträgt oder vielmehr, was dasselbe ist, dass das ganze Mikrometer einen Millimeter in 100 Theile getheilt darstellt, so gewährt das Mikroskop, womit Figur 352 gewonnen worden ist, eine hundertmalige Vergrösserung, denn das Bild von 100 Millimeter-Theilstrichen entspricht in der Wirklichkeit dem hundertsten Theile seines ganzen Durchmessers. Viel einfacher ist die Bestimmung der Vergrösserungswerthe der Bildmikroskope (Lampenmikroskop, Sonnenmikroskop, Hydrooxygengas-Mikroskop und photo-elektrisches Mikroskop). Hier ist die Vergrösserung immer eine relative, indem das Bild um so grösser wird, je mehr die Entfernung desselben von dem Objekte und den vergrössernden Linsen zunimmt. Alle mikrophotographischen Apparate, die wir erwähnt haben, sind den Bildmikroskopen analog; soll der Vergrösserungswerth der zugehörigen Linsen für irgend ein Bild angegeben werden, so muss die Entfernung der auffangenden Scheibe von den Objektiven für jede Bildaufnahme mitgetheilt werden; es wird sich dann herausstellen, dass immer die Vergrösserung der Entfernung der Scheibe, dividirt durch die Brennweite der Linse, gleich sein wird.

Weit wichtiger als die Bestimmung der Vergrösserungswerthe eines Mikroskops ist die Berechnung der wirklichen Grösse der Objekte aus den gewonnenen Bildern, und giebt es wol keinen besseren und einfacheren Weg, solche Messungen mit absoluter Genauigkeit anzustellen, als die Verwendung mikrophotographischer Abbildungen.

Da die Elementartheile der Gewebe mannichfach unter einander an Grösse innerhalb bestimmter Grenzen differiren, so hat man nach Vergleichung einer grösseren Anzahl photomikrographischer Aufnahmen derselben Objektgattung nach Mittelwerthen zu trachten, die als feststehend gelten können; solche Berechnungen gehören zu den dankbarsten Aufgaben der Mikrophotographie.

Um genaue Messungen an Mikrophotogrammen anzustellen, muss man einen fein getheilten Mikrometer mit derselben Einstellung, derselben Entfernung der auffangenden Scheibe von den Linsensystemen, und denselben Linsen photographisch aufnehmen, mit welchen man das zu messende Photogramm dargestellt hat. Es giebt zwei Arten von Mikrometern, welche für diesen Zweck geeignet sind; solche, bei denen die Striche sich rechtwinkelig durchkreuzen (vgl. Fig. 338) und Vierecke bilden, und solche, welche die Theilungsweise eines gewöhnlichen Masstabes besitzen und bei welchen grössere Abschnitte durch vorspringende Striche angedeutet sind (Fig. 352). Man hat Glasmikrometer, in welchen der Millimeter in hundert, in fünfhundert, ja in tausend Theilchen, wie bei den feinsten Gruppen der Nobert'schen Probetäfelchen, sich spaltet.

Hat man ein vergrössertes photographisches Bild von irgend einem Objekte gewonnen und will man die wirkliche Grösse des mikroskopischen Gegenstandes daraus herleiten, so hat man die Länge oder Breite des Bildes mittels Zirkel oder eines Messstabs genau zu ergründen und den gefundenen Durchmesser durch die in obenerwähnter Weise bekannt gewordene Vergrösserungsziffer des Apparates zu dividiren. Der sich herausstellende Quotient ist der wirkliche Durchmesser des Objektes. Ist aber die Vergrösserungsziffer des Apparates veränderlich oder nicht bekannt, so benutzt man das gleichwerthige Mikrometerphotogramm. Wir wollen annehmen, unsere Abbildung Figur 344 und die Abbildung des Mikrometers Figur 352 seien mit gleichem Objektiv und bei gleicher Entfernung der Bildfläche aufgenommen; von der Mikrometerabbildung wissen wir, dass dieselbe genau eine hundertmalige Vergrösserung des Originals ist, weil auf dem Bilde die Entfernung eines Centimeters einem Millimeter im Originale entspricht. Nehmen wir nun die Figur 344 auf den Zirkel, so ergiebt sich, dass dieselbe 42 Centimeter lang ist, mithin dividiren wir diese Ziffer durch

hundert und wir erhalten die Zahl 0,12 Centimeter oder 1,2 Millimeter als wirkliche Grösse des Objektes. Wollen wir auf diesem Wege erfahren, wie breit z. B. der eine Fühler des abgebildeten Thieres in Wirklichkeit ist, so haben wir nur die Breite desselben auf dem Bilde zu messen, und mit 100 zu dividiren; wir erhalten dann 0,015 ($^1/_{67}$) Millimeter oder 15 Mikromillimeter als wirkliche Breite des betreffenden Organs (1 Mikromillimeter = $^1/_{1000}$ Millimeter). Sehr geeignet zu derartigen Messungen ist der HARTING'sche Schiebezirkel, welcher Zirkel und Messstab in einem Instrumente vereint.

Es ist klar, dass man nach dem nämlichen Prinzipe auch jede andere Art von mikrophotographischen Messungen (Flächen-, Winkel oder Körpermessungen), sowie die Abzählung innerhalb des Sehfeldes befindlicher mikroskopischer Körperchen vornehmen kann.

### 8. HERRICHTUNG DER MIKROSKOPISCHEN PRÄPARATE ZUR MIKROPHOTOGRAPHIE.

Einen der wichtigsten Punkte bei photographischen Aufnahmen bildet die Auswahl der Objekte. Nicht alle mikroskopischen Präparate eignen sich zu den Darstellungen, welche wir in diesem Kapitel behandelt haben. Klare und vollkommen durchsichtige, sehr dünne Objekte wird man ohne Schwierigkeit mit absoluter Schärfe und in allen Einzelheiten photographiren können; dickere Präparate aber, besonders dicke Schnitte von Gewebstheilen, können nie vollkommen scharf im Bilde erscheinen, weil, wenn eine Stelle eingestellt ist, die darunter liegende Schicht immer mitwirkt und den Bildeindruck trübt. Nichtsdestoweniger sind auch solche Abbildungen wegen ihrer richtigen Grössenverhältnisse als Grundlage zu Zeichnungen wissenschaftlich zu verwerthen. Fast alle dünnen Pflanzendurchschnitte, kleine Thiere, Infusorien, Krystallisationsbildungen, die Elemente in thierischen und pflanzlichen Flüssigkeiten, sowie alle Präparate aus der menschlichen und vergleichenden Gewebelehre eignen sich zur mikroskopischen Photographie. Ganz besonders schöne Resultate geben transparente Injektions- und Imbibitionspräparate.

Zur Darstellung von Injektionspräparaten benutze ich einen von mir konstruirten, in Figur 353 dargestellten Injektionsapparat; meine Injektionsmassen bestehen aus rother Karmingelatine und aus Lösungen von Berliner Blau in Oxalsäure (blaue hannöverische Tinte). Das Mischungsverhältniss für die rothe Masse ist: 10 Gramm reinstes Gelatin, 30 Gramm Wasser, 3 Gramm feinstes Karmin mit 1 Tropfen Ammoniak verrieben. Für die blaue Injektionsmasse setzt man der Gelatinelösung soviel blaue Tinte zu, als die gewünschte Intensität der Farbe es verlangt. Die Triebkraft meines zu Injektionen angewandten Apparates

liegt in der Druckwirkung komprimirter Luft auf eine Flüssigkeitssäule. Er besteht aus zwei Theilen, der Kompressionspumpe *A* und dem Flüssigkeitsbehälter *B*. Die Kompressionspumpe ist von Kautschuk gefertigt und aus einem unteren Luftballon, einem oberen Windkessel sowie aus zwei Ventilen, *a* und *b*, zusammengesetzt. Der Windkessel theilt die angesammelte komprimirte Luft durch die Röhre *c* der Flüssigkeitssäule im Glase *B* mit. Dieses ist mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen *d*, welcher zwei Röhren trägt, verschlossen, wovon die eine (*f*) mit dem Windkessel *m* verbunden ist und nur wenige Linien vom Stopfen nach innen mündet, während die andere (*g*) bis auf den Boden des Glases *B* hinabreicht; letztere steht mit dem Schlauche *h* in Verbindung, an dessen Ende (*i*) ein den Strahl modifizirender Hahn *k* sowie die nöthigen Kanülen angebracht werden. Der Apparat liefert bei vollkommen geöffnetem Hahne einen sehr kräftigen, kontinuirlichen Strahl von $2^1/_2$—3 Meter Höhe, welche Kraft durch Schiefstellung des Hahnes bis zu einem allmählichen Austropfen der Injektionsflüssigkeit verringert werden kann. Der Flüssigkeitsbehälter *B* sitzt auf einem Metallringe *e* im Wasserbade *w* und dieses wiederum auf einem Kochherde *s*, welcher die Spirituslampe *t* einschliesst. Die Vortheile, welche der Apparat bietet, sind, neben der Leichtigkeit der Handhabung, folgende:

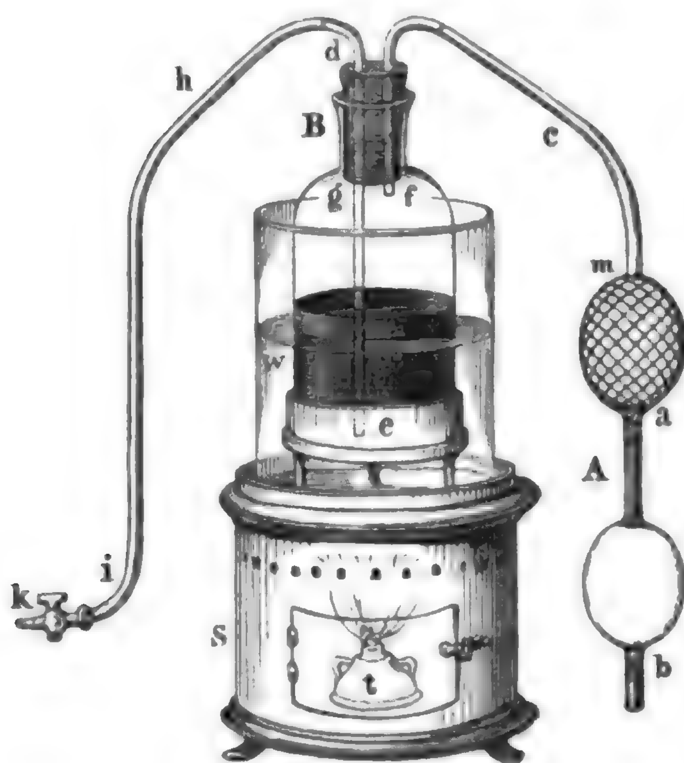


Fig. 353. Stein's Injektionsapparat.

a) Die nöthige anzuwendende Kraft, die sich nach der Grösse des zu injizirenden Gegenstandes richtet, kann durch den Hahn beliebig regulirt und durch allmähliche Luftkompression erhöht werden.

b) Pumpwerk und Gummiverschluss können zu den verschiedensten Injektionen mit verschiedenfarbigen kalten und warmen Gemischen, sowie zu chemischen Lösungen, z. B. zur Injektion von Argentum nitricum, benutzt werden.

c) Es geht hierbei kein Tropfen Injektionsflüssigkeit verloren, wie dies bei der gewöhnlichen Anwendung von Spritzen der Fall ist. Absolute Reinlichkeit ist dadurch bedingt.

d) Die Hände sind bei der Manipulation vollkommen frei, indem die vorher komprimirte Luft die eigene Thätigkeit des Operateurs ersetzt; die Injektion kann infolge dessen durch sofortige Schliessung des Hahnes im richtigen Momente sistirt werden.

e) Durch Aufsetzen des Gebläses auf ein beliebiges mit warmem Wasser gefülltes Glas wird das ganze Röhrensystem mittels Durchleitung eines fliessenden Wasserstromes sofort mit Hülfe der Luftkompression gereinigt. —

Wollen wir z. B. eine menschliche Niere mit Gelatine-Masse, die Vene blau, die Arterie roth injiziren, so werden die Kanülen in die Nierenarterie und die Nierenvene eingebunden. Wir nehmen alsdann drei weite Gläser, das erste mit blauer, das zweite mit rother Masse und das dritte mit warmem Wasser gefüllt, zur Hand. Das Gebläse wird zuerst auf die mit rother Masse gefüllte Flasche, nachdem jene im Wasserbade auf ca. 35° R. erwärmt worden war, aufgesetzt, der Hahn *k* geschlossen und die Luft in Windkessel und Glas durch 3- bis 4maliges Auf- und Zusammendrücken der Pumpe *n* komprimirt. Diese Kompression genügt, um 300 Gramm Flüssigkeit zu injiziren; bei grösseren Flüssigkeitsmassen ist der Windkessel *m* verhältnissmässig stärker oder es muss nachgepumpt werden.

Ist die Luft komprimirt, so wird der Hahn, ehe er in die Kanüle eingepasst wird, einige Sekunden lang geöffnet, um die in der Röhre *g* und dem Schlauche *h* befindliche Luft zu entfernen und die Masse ausströmen zu lassen; hierauf wird in die mit der Arterie verbundene Kanüle etwas Injektionsmasse eingetropft und der Hahn geschlossen. Die arterielle Kanüle wird nun bei *k* eingepresst, der Hahn wieder geöffnet und erst wieder geschlossen, wenn die Oberfläche des zu injizirenden Organes oder des zu präparirenden Thierkadavers sich gleichmässig röthet, ein Zeichen, dass alle Organe mit Injektionsmasse sich gefüllt haben. Nach vollendeter arterieller Injektion wird die Kanüle mit einem kleinen Korkstopfen verschlossen und sofort der durchbohrte Gummistopfen von dem die rothe Masse enthaltenden Glase entfernt, auf die Flasche, die warmes Wasser enthält, aufgesetzt, das Wasser mittels der Druckpumpe *A* durch die Röhre *g* und den Schlauch *h* geleitet und auf diese Weise das Röhrensystem so lange gereinigt, bis das Wasser nicht mehr röthlich, sondern klar und farblos bei *k* ausfliesst, was in ca. 30 Sekunden geschehen ist. Mittlerweile hat man die mit

rother Injektionsmasse gefüllte Flasche aus dem Wasserbade entfernt, das Glas mit blauer Masse in das Wasserbad *w* gesenkt und auf 35° R. erwärmt; das gereinigte Röhrensystem wird mit dem Gummistopfen *d* wieder aufgesetzt und ebenso verfahren, wie bei der arteriellen Injektion. Der Hahn wird in die Kanüle der Vene eingepasst, nach geschebener Kompression der Luft geöffnet und erst geschlossen, wenn die Oberfläche des Organes sich blau resp. violett zu färben beginnt. Um Imbibitionen zu vermeiden, lege man den injizirten Gegenstand sofort, nach Unterbindung der Gefässe, in mit Essigsäure versetztes Eiswasser, welches nach etwa einer Stunde durch absoluten Alkohol ersetzt wird. Nach der Veneninjektion ist das Röhrensystem wieder auf die angegebene Weise zu säubern; der Rest der Injektionsmassen kann zu späteren Arbeiten verwendet werden.

Für Imbibitionspräparate, bei welchen es hauptsächlich auf eine exquisite Schattirung und Deutlichkeit der Strukturverhältnisse des Gewebes ankommt, eignet sich zur photographischen Wiedergabe die Höllenstein- oder Chlorgoldmethode am besten. Die feinen Schnitte werden in eine sehr verdünnte Höllenstein- (1 : 600) oder Chlorgoldlösung (1 : 2000) gelegt, nach einigen Minuten herausgenommen und, bis sie bräunlich werden, dem Lichte ausgesetzt, hierauf ganz analog dem photographischen Fixirungsprozesse in eine verdünnte Lösung von unterschwefligsauerem Natron getaucht und mit destillirtem Wasser ausgewaschen. Infolge des natürlichen Kochsalzgehaltes der thierischen Gewebe bildet sich Chlorsilber, welches am Lichte reduzirt wird. Auch rothe Karmin-Imbibitionspräparate eignen sich, sobald sie genügend durchsichtig sind und noch eine Anzahl gemischter Strahlen passiren lassen, zu photographischen Aufnahmen. Blaue Imbibitionen müssen, wegen der starken chemischen Wirksamkeit ihrer Strahlen, sehr rasch exponirt werden. Die rothen Karmin-Imbibitionen werden entweder so angefertigt, dass das ganze Stück eines Organs in eine konzentrirte ammoniakalische Karminlösung auf einige Tage gelegt wird, bis dieselbe mit Farbstoff durchtränkt ist, oder es werden feine Schnitte des Organes in einer verdünnten Lösung von karminsauerem Ammoniak auf kurze Zeit belassen. Ist der Schnitt dunkelroth gefärbt, so wird er mittels einer Pincette aus der Schale gehoben, mit destillirtem Wasser abgespült und am besten mit verdünnter Essigsäure fixirt; letztere zieht aus dem Zwischengewebe die Farbe wieder aus, während Fasern, Zellen und Kerne die Farbe festhalten, so dass eine sehr scharf markirte rothe Zeichnung auf weissem Grunde entsteht. Um die Präparate durchsichtig und für die Photographie geeigneter zu machen, werden dieselben zur Entwässerung einige Stunden in absoluten Alkohol gelegt, dann ein

bis zwei Stunden in chemisch reines Terpentinöl gebracht und schliesslich mit Kanadabalsam zwischen zwei Glasplättchen verkittet.

Die blauen Imbibitionen werden in ähnlicher Weise mit einer oxalsaueren Lösung von Berliner Blau behandelt und stark mit Essigsäure und reiner Oxalsäure gebeizt, wodurch sehr scharfe zur Photographie geeignete Konturen entstehen.

Dass feine Pflanzenschnitte infolge ihrer scharf markirten Details und überhaupt Pflanzenpräparate ein sehr geeignetes Material zur mikroskopischen Photographie abgeben, braucht wol nicht besonders bemerkt zu werden. Ebenso verhält es sich mit Mineralienschliffen und Krsytallisationsbildungen. In Bezug auf die allgemeine mikroskopische Technik verweise ich auf das erwähnte Werk von Harting, »Das Mikroskop«, für die Anfertigung von Pflanzenpräparaten auf das gleichnamige ausführliche Buch von Dippel, für thierische Präparate, was feine Schnitte und Macerationsmethoden anlangt, ebenfalls auf die einschlägigen Handbücher, »die Gewebelehre« von Kölliker und »das Mikroskop« von Frey, sowie auf das englische Werk von Beale: »How to work with the microscope«. —

### 9. Mikroskopische Verkleinerung durch die Photographie.

Zur Darstellung exakter Verkleinerungen auf photographischem Wege eignen sich wiederum in erster Linie die Steinheil'schen Aplanate; es treten, bei Benutzung derselben für diesen Fall, die Entfernungsverhältnisse zwischen Objekt und mattem Glase in umgekehrter Reihenfolge ein, wie solche auf der Tafel Figur 349 angegeben sind. Soll z. B. ein Bild mit dem elflinigen Aplanat von $5^1/_4$ Zoll Brennweite verkleinert werden, oder, um mit bestimmten Grössen zu rechnen, soll ein Objekt, etwa ein Negativ von 10 Centimeter Durchmesser, auf einen Quadrat-Centimeter reduzirt werden, so muss dasselbe 159,5 Centimenter, die matte Scheibe 15,9 Centimeter von der Mitte des aplanatischen Objektivs entfernt sein. Will man die Vergrösserungs-Tafel Figur 352 zum Behufe von Verkleinerungen verwenden, so hat man nur die Rubriken *»Abstand des matten Glases«* und *»Abstand des Objektes«* zu vertauschen. Die Aplanate von Steinheil sind zwar zu mässigen Verkleinerungen leicht verwendbar, aber zur Vornahme bedeutender Reduktionen, bis zur mikroskopischen Kleinheit, dürften sie sich deshalb weniger eignen, weil die Entfernungen des Objektes von dem Objektiv zu bedeutend würden; es müsste z. B. bei einer fünfzigmaligen Verkleinerung der Abstand ca. 7 bis 8 Meter betragen. Mithin dürfen, um den erwähnten Zweck zu erreichen, nur Objektive von sehr

geringer Brennweite und zwar am besten schwach vergrössernde achromatische Mikroskopobjektive angewendet werden. Mit derartigen kleinen Linsen hat zuerst ein englischer Photograph zu Manchester im Jahre 1858 mikroskopische Bildchen auf kleinen Glasplatten angefertigt, welche mittels eines zusammengesetzten Mikroskops betrachtet werden mussten.

Später hat der bekannte Optiker Nachet in Paris treffliche mikroskopische Photographien mit seinen Objektiven angefertigt, welche im Jahre 1860 durch die Arbeiten des Pariser Photographen Dagron, dessen Bildchen zu allgemeiner Verbreitung gelangten, noch übertroffen wurden. Dagron hatte nämlich den praktischen Gedanken, jene mikroskopisch kleinen Photographien direkt mit einer Linse zu verschmelzen und so wurde aus diesen kleinen, 5 bis 6 Millimeter langen, mit einer Photographie versehenen Glasstückchen ein bedeutender Luxusartikel. Die Bildchen sind wegen der grossen Feinheit, die sie zur Darstellung benöthigen, auf Albuminschichten fixirt. Ein Stückchen Crownglas von der Dicke eines Zündhölzchens und der Länge eines Centimeters wird an beiden Enden nach Art der cylindrischen Stanhope-Linsen abgeschliffen und in der Mitte getheilt. Jedes einzelne Stückchen, auf welches später die kleine Glasphotographie aufgekittet wird, stellt eine sehr stark vergrössernde Linse dar, deren Brennpunkt sich an dem flachen Ende des Stäbchens befindet.

Ein Haupterforderniss zur Anfertigung der zugehörigen mikroskopischen Photographien ist die scharfe Einstellung des Bildes auf einer matten Scheibe, was mittels einer kleinen bikonvexen Linse von sehr kurzer Brennweite geschieht. Auf der kollodionirten Platte, welche die Bilder aufnimmt, oder auf einem präparirten Glasstreifen von 2 Centimeter Höhe und $7^1/_2$ Centimeter Länge, werden 20 mikroskopische Photographien auf einmal fixirt. Der Glasstreifen wird dann in 20 Theile zerschnitten, mit einer kleinen Stanhopelinse durch Canadabalsam verkittet und an den Rändern gleichmässig auf Zündholzdicke abgeschliffen.

In Figur 354 sehen wir die Vorrichtung, welche Dagron zur Herstellung seiner mikroskopischen Photographien benutzt, im Durchschnitt abgebildet. Dieselbe besteht aus einem langen rechtwinkligen Kasten, welcher bei *A* in ein mit einer matten Scheibe verschlossenes Fenster eingelassen ist. Innerhalb dieser Scheibe, welche von aussen möglichst grell beleuchtet wird, ist eine Klammer zur Befestigung der zu verkleinernden Negativplatten angebracht.

An dem entgegengesetzten Ende des Kastens befindet sich die photographische Einrichtung. Zwanzig kleine Mikroskopobjektive (*B*) sind, je fünf in einer Reihe, sehr nahe zusammengestellt; sie werfen

ihre Bilder auf eine sehr fein geschliffene matte Einstellscheibe mit quadratischer Mikrometereintheilung. Letztere entspricht genau den in Fig. 338 gezeichneten Verhältnissen. In jedem Feldchen erscheint eine von den 20 mikroskopischen Photographien, wodurch den Abbildungen die richtige Stelle gesichert wird. In *D* befindet sich ein auf- und abzuklappendes Bretchen, an welches ein kleines, stark vergrösserndes Mikroskop angeschraubt ist, mittels dessen die Bildchen scharf eingestellt werden. Bei *E* ist die photographische Einrichtung mit einer Schraube an den Boden des Kastens befestigt. Ungefähr im ersten Viertel des Kastens, von den kleinen Objektiven *B* an gerechnet, ist ein von einer Oeffnung durchbrochenes Bret *F* eingelassen, in das je nach Bedarf verschiedene Blendungen eingesetzt werden können.

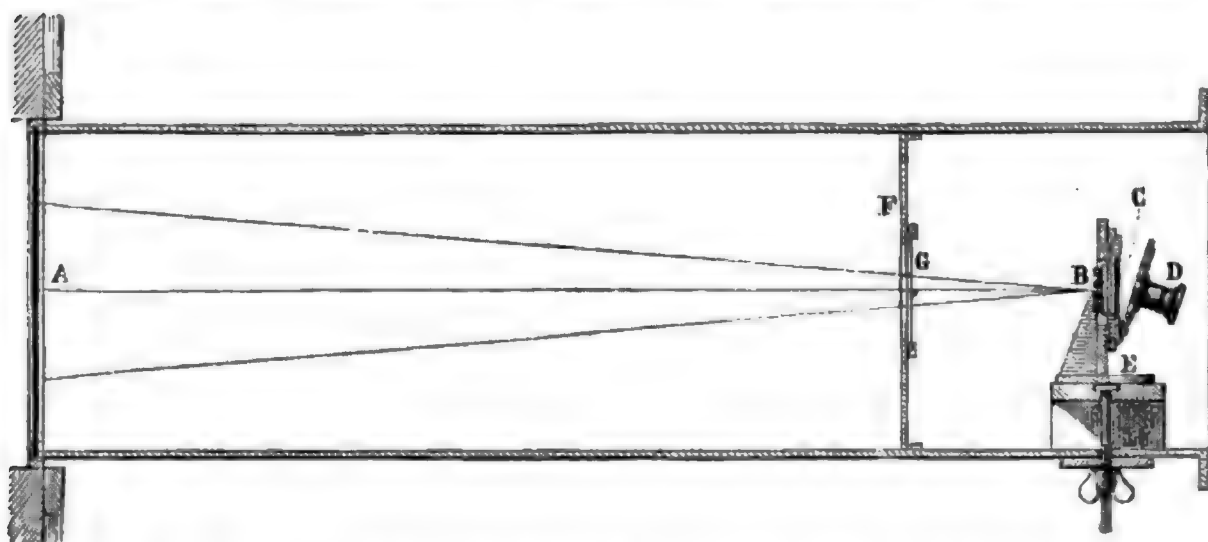



Fig. 354. Mikroskopisch-photographischer Apparat von Dagron (Durchschnitt).

Bei *G* befindet sich ein Schieber, der durch ein Gewicht in Schwebe gehalten wird und geöffnet von selbst wieder zurückschnellt; durch denselben kann die Lichtwirkung sehr rasch unterbrochen werden. Wird die präparirte Platte *C E*, welche die 20 Bildchen zugleich aufnimmt, bei *B* zum Verschieben eingerichtet, so können mit Leichtigkeit auf einem 2 Centimeter hohen und etwa 15 Centimeter langen Glasstreifen hundert kleine Aufnahmen durch fünfmaliges Verschieben nach einander gemacht werden.

Figur 355 zeigt den Apparat in perspektivischer Ansicht; der Operateur bewirkt die Einstellung der in unserem Bilde verdeckten 20 Objektive durch Einschieben seines Armes in die viereckige, durch den Schieber *X* verschliessbare Oeffnung. In *D* sehen wir das vergrössernde Mikroskop, in *C* eine rechteckige, die empfindliche Schicht beherbergende Kassette, in *G* den Momentverschluss für die Aufnahmen. Zur Entwicklung des Bildes wird der dem Lichte ausgesetzt

gewesene Glasstreifen in ein Entwicklungsbad von Pyrogallussäure oder Eisenlösung getaucht. Sind die Bilder hervorgerufen, so werden sie mittels unterschwefligsaueren Natrons auf die bekannte Weise fixirt und mit Wasser abgewaschen. Die Güte derselben wird durch ein Mikroskop sofort geprüft; die für gut befundenen werden mit einem Diamanten in kleine viereckige Stücke geschnitten und an die Stanhopelinsen befestigt. Man erwärmt die letzteren ein wenig, befeuchtet sie mit einem Tröpfchen Canadabalsam, presst hierauf das kleine viereckige Glasstückchen, welches das Bild trägt mit der Bildseite, erst sanft, dann etwas kräftiger gegen den Canadabalsam und lässt das Ganze trocknen. Sollten sich bei Betrachtung des aufgekitteten Bildes feine Luftbläschen

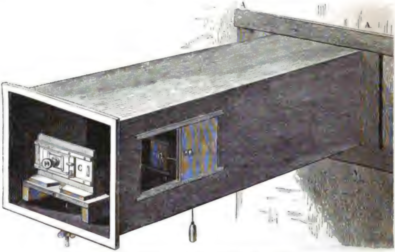



Fig. 355. Dagron's Apparat in perspektivischer Ansicht.

in der Schicht zeigen, so wird nochmals am Ofen erwärmt, der Canadabalsam dadurch wieder ein wenig flüssig gemacht und die Stanhopelinse mit dem Bildchen abermals gegen das Bild gedrückt. Später wird die Verbindungsstelle geglättet, was mit Leichtigkeit und sehr rasch durch Abschleifen an einem drehbaren runden Schleifsteine geschieht. —

Das Dagron'sche Verfahren zur Herstellung mikroskopisch kleiner Photographien fand seine erste praktische Anwendung während des deutsch-französischen Krieges in den Jahren 1870/71. Auf eine grosse Fläche wurden Tausende von Nachrichten in kurzer Satzform neben einander gestellt, die vorher mittels Buchdruck auf grossen Bogen erzeugt

Digitized by Google

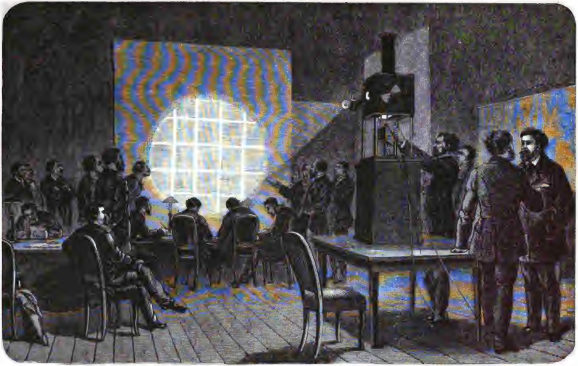


Fig. 356. Reproduktion photographischer Depeschen durch die Laterna magica während der Belagerung von Paris.

Digitized by Google

und zusammengefügt worden waren. Von diesen bedruckten Flächen wurde ein scharfes Negativbild auf Glas aufgenommen und dieses wiederum mittels des Dagron'schen Verfahrens auf ein ca. 4 Quadratcentimeter grosses Gelatinhäutchen mikroskopisch-photographisch reproduzirt. Das mit Depeschen bedeckte Blatt wurde zusammengerollt und in eine Federspule geschoben, welche man einer Brieftaube zwischen die Flugfedern befestigte und auf diese Weise von Paris nach Tours schickte.

Am 12. November 1870 war der Ballon »Nièpce« 9 Uhr Morgens von Paris weggesegelt, um die photographische Taubenpost zwischen Paris einerseits, Tours und Bordeaux andererseits zu organisiren, nachdem schon vorher der Ballon »Daguerre« zu gleichen Zwecken abgegangen, aber von den preussischen Vorposten gefangen genommen worden war. Die Gondel des Ballon »Nièpce« hatte ausser dem Photographen Dagron noch vier Insassen, einen Ingenieur und drei Gehülfen an Bord. Auch dieser Ballon gerieth in die Hände der Deutschen, jedoch konnten sich die Reisenden mit einem Theil ihrer ca. 600 Kilogramm wiegenden Apparate und Instrumente retten. Sie langten mit Unterstützung der Landbewohner auf den gefahrvollsten Wegen am 21. November um 8 Uhr Morgens in Tours an, wo sie sich sofort der Regierung zur Verfügung stellten.

Auch in Tours, später in Bordeaux, wurden gleichartige Gelatinehäutchen, wie in Paris angefertigt, in Federspulen verschlossen und den nach Paris zurückkehrenden Tauben angeheftet. Dort wurden die Depeschen mittels einer exakt zeichnenden Laterna magica in einem dunkeln Raume bedeutend vergrössert an eine weisse Wand geworfen und entziffert. Eine Anzahl von Schreibern (Fig. 356) war zugleich beschäftigt, den Inhalt der photographischen Mittheilungen zu kopiren und durch die zugänglichen Postverbindungen weiter zu befördern. Alle photographischen Regierungs- und Privatdepeschen, welche Dagron zu Tours und Bordeaux anfertigte, wurden für jede Taubenpostsendung in zwei Stunden vollendet. Die einzelnen Häutchen trugen die Abbildung von 12 bis 16 verkleinerten Folioseiten und enthielten durchschnittlich drei- bis viertausend Depeschen. Das zu dieser Korrespondenz verwendete Material war so leicht, dass man einer Taube achtzehn Kärtchen anheften konnte, welche im Ganzen gegen sechzigtausend Depeschen enthielten und zusammen kaum ein Gramm wogen. Die gesammte Korrespondenz, welche auf diesem Wege zwischen Paris und Südfrankreich vermittelt wurde, umfasste ungefähr 250,000 Mittheilungen. In Paris und Tours wurden die gegenseitig ankommenden Depeschen vervielfältigt und in der Gesammtsumme von mehreren Millionen Exemplaren an die Adressaten bestellt. Um ein Beispiel zu geben, wie rasch diese Verkehrsmethode

ihre Dienste geleistet hat, erwähnen wir die Thatsache, dass Dagron, als er sich bei der Regierung zu Bordeaux aufhielt, Chemikalien zur Photographie benöthigte, die er durch eine Taubendepesche am 18. Januar von Paris bestellte. Am 24. Januar waren die betreffenden Produkte durch einen von Paris abgegangenen Ballon schon in Bordeaux angelangt.

Besonders die offiziellen Regierungsdepeschen wurden mit einer staunenswerthen Schnelligkeit befördert. Nachdem die Tauben angekommen und ihres Depeschenballastes entledigt waren, lieferte ein Beamter die Gelatinhäutchen sofort an Dagron ab, welcher schon nach einer halben Stunde eine Anzahl von photographisch vergrösserten Exemplaren der Regierung übergeben konnte; auch die Privatdepeschen wurden noch an demselben Tage vervielfältigt und verschickt; dieselben bestanden nicht nur in Familiennachrichten, sondern auch Postanweisungen und Nachnahmesendungen wurden durch den Taubendepeschendienst befördert, so dass während der Belagerung von Paris die Adressaten daselbst durch derartige Mandate sogar Geldzahlungen in Empfang nehmen konnten.

Morère, très-bien. Ecrivez-nous souvent. — Vauchelet. ||
Redon. — Monsieur des Dodières, quai Malaquais, 17, hôtel Chimay, Paris. Nous sommes tous bien, mille francs disponibles, chez Billot. — De Lambert. ||
Saint-Omer. Hôtel Commerce, 11 novembre, Familles Dervergie, Froussard bien portantes. Dejob, rue Martel, 8 bis. Paris. || Bataille, banque France, Paris. Tous bien portants. — Emma. ||
Beauvais. — M<sup>me</sup> Hocdé, 31, avenue Ternes. Reçu 4 lettres ballon. Santé bonne. — Ferdinand. ||
Pleudihen. — Ohier médecin major réservé, artillerie, 13. corps. Portons bien, recevons lettres. Pleudihen 12. — Ohier. ||
S<sup>te</sup>-Foy-la-Grande. — Santés bonnes. Reçu douze lettres. Ponchou, demande aux amis écrire — Henriette. Bonniot, 8, rue Sentier. ||
Ceton — Maigron, boulevard Sebastopol, 23. Céton tranquille, santé bonne, reçu vingt lettres; dois-je rester? — Maigron ||
Meyssac. — Fauchey, 124, boulevard Magenta. Tous bien portants. — Peyredieu. ||
Uzerche. — Decan, 8, rue Ménars. Portons toutes bien, recevons vos nouvelles. — Decan. ||
Bénévent. — Jabély, avenue Grande Armée. 12, Nous recevons lettres, allons tous bien: sois tranquille. — Louisa. ||

Fig. 357. Original-Taubendepeschen (6400malige Flächenvergrösserung).

Auf unserer Abbildung, Figur 357, ist der vierhundertundzwanzigste Theil einer ganzen Depeschenseite in 6400maliger Flächenvergrösserung genau nach einer mikroskopischen Photographie dargestellt.

---

## ZEHNTES KAPITEL.

## VERWERTHUNG DER PHOTOGRAPHIE BEI AERZTLICHEN UNTERSUCHUNGSMETHODEN UND ANTHROPOLOGISCHEN FORSCHUNGEN.

Die Grundlagen der meisten ärztlichen Untersuchungsmethoden stehen mit den Ergebnissen der Anatomie und Physiologie in innigem Zusammenhang; sie sind aus diesen Wissenschaften hervorgegangen; sie stützen sich in allen ihren Konsequenzen auf deren Resultate. Mithin ist es leicht ersichtlich, dass auch die technischen Methoden der photographischen Darstellung, wie wir solche für die Anatomie und Physiologie nachgewiesen haben, auch für die in der Medizin und Chirurgie zur Anwendung kommenden anatomisch-physiologischen Untersuchungsmethoden giltig sind.

### 1. DIE ANWENDUNG DER PHOTOGRAPHIE IN DER CHIRURGIE.

Von der Verwerthung der Photographie für die Puls- und Temperaturlehre haben wir schon eingehend gesprochen (vergl. Kapitel VIII S. 306—336). Die übrigen photographischen Leistungen in der Medizin und der operativen Chirurgie fallen in den Bereich der allgemeinen photographischen Technik (Kapitel IV). Viele chirurgische Werke und manche Aufsätze in medizinischen Zeitschriften sind in den jüngsten Jahren mit phototypischen Abbildungen versehen worden und besonders haben die zahlreichen Monographien über die Kasuistik der Schussverletzungen im deutsch-französischen Kriege der Jahre 1870/71 mannichfaches Material für photographische Beilagen geliefert.

Ebenso reichen für die Darstellung der Hautkrankheiten, sowie der Krankheiten der Mund- und Rachenhöhle, des Mastdarms, der Vagina und der Cervikaltheile des Uterus, die gewöhnlichen photographischen Apparate und Methoden vollkommen aus, während für das Innere des Auges, des Ohres, der Harnröhre und des Kehlkopfes besondere mit Spiegelapparaten verbundene photographische Instrumente nothwendig

sind, auf deren Konstruktion und Anwendungsweise wir in den folgenden Paragraphen näher eingehen werden.

Zur photographischen Darstellung der Mund- und Rachenhöhle genügt die einfache Beleuchtung mit gespiegeltem Sonnenlichte. Unsere Figur 8 auf Tafel I, eine breite Gaumenspalte darstellend, wurde gewonnen, indem der Kopf des betreffenden sitzenden Patienten an einem Kopfhalter befestigt wurde, und die Sonnenbeleuchtung der Mundhöhle durch den Reflex eines Heliostaten vor sich ging. Der photographische Apparat, eine einfache Camera mit einem Objektive von 27''' Oeffnung, wurde circa 1 Meter von dem Patienten entfernt aufgestellt und das Bild, welches auf Tafel I in bedeutend verkleinertem Masstabe erscheint, in einer Grösse von ungefähr 250 Quadratcentimeter aufgenommen.

Photographische Abbildungen der Mastdarmschleimhaut und der Vaginalhöhle können natürlich nur mit Hülfe der zur optischen Exploration nöthigen Spekula vorgenommen werden; für die erstere eignet sich am besten das Segalas'sche Röhrenspekulum, für die letztere der Sims'sche entenschnabelförmige Scheidenspiegel. Bezüglich der Anwendung dieser Instrumente verweisen wir auf die Lehrbücher der Chirurgie und der Gynäkologie. Die Beleuchtung zu photographischen Zwecken geschieht wiederum durch Sonnenreflexe, die photographische Aufnahme nach den allgemeinen Regeln.

Die innere Medizin bietet, abgesehen von den akuten Exanthemen und vielleicht der Physiognomik der Krankheiten, wenig Gelegenheit, durch photographische Darstellung einen Krankheitsverlauf zu kontroliren; als Kuriosum aber dürfte die photographische Darstellung des Perkussionsschalles noch besondere Erwähnung finden.

### 2. PHOTOGRAPHIE DES PERKUSSIONSSCHALLES.

Zu seinem Werke »Lehrbuch der Auskultation und Perkussion« hat Prof. Dr. C. Gerhardt folgende kurze Notiz über die optische Untersuchung des Perkussionsschalles beigefügt. »Man kann die einzelnen Schwingungen des Perkussionsschalles an einer empfindlichen Gasflamme (Fig. 358 *a*) und namentlich an dem Lichtstreifen (Fig. 358 *bc*), der auf einem rasch sich drehenden Spiegel das Flammenbild darstellt, sichtbar machen. Es sind jedesmal nur wenige, meistens 5—8 Schwingungen, die durch einen Perkussionsstoss hervorgerufen werden. Fügt man Resonatoren mit dem Schnabel in das Gummirohr ein, welches zu der empfindlichen Flamme führt und perkutirt mittels Hammer und Plessimeter nahe an der Basalöffnung des Resonators, so hört man dessen Grundton und sieht gleichzeitig an irgend einer Stelle des Spiegelbildes einige einfache gleichartig gestaltete Zacken an dem oberen

Rande des Lichtstreifs« (Fig. 361). — Derartige optische Erscheinungen werden dadurch veranlasst, dass man mit dem Zuleitungsrohre der brennenden Gasflamme (vergl. die Abhandlung von König, Pogg. Annalen CXLVI, 1) ein kurzes, mit einer elastischen Haut geschlossenes Seitenrohr verbindet. Erzeugt man nun irgend einen Ton in der Nähe dieser Haut, so schwingt dieselbe und theilt diese Schwingungen der mit ihr durch die Gasleitung verbundenen Flamme mit. Hierdurch geräth

Fig. 358. Ruhiges Flammenbild in einem rasch sich drehenden Spiegel.

dieselbe in ein eigenthümliches, mit dem angeschlagenen Tone in Beziehung stehendes Erzittern. Die Raschheit in der Aufeinanderfolge dieser Flammenvibrationen steht in bestimmtem Verhältniss zur Tonhöhe. Wenn man nun, wie wir bei ähnlichem Vorkommen gelegentlich der Behandlung der Photographie der Töne (S. 295) im Allgemeinen dargethan, den Spiegel (vergl. Fig. 276 S. 297), in welchem sich die Flamme abbildet, rasch dreht, so entsteht für das beobachtende Auge eine mit der jeweiligen Höhe des Tones ihre Gestalt ändernde Lichtkurve; diese wird photographirbar, sobald das zugehörige Flammenbild die genügende aktinische Kraft besitzt. Letzteres soll nach H. Vogel erreicht werden, wenn man statt gewöhnlichen Gaslichtes Cyangas

Fig. 359. Flammenbild bei Aussprache des Buchstaben U.

anwendet, da solches ein sehr ausgebildetes, violettes und ultraviolettes Spektrum hat. Das für einstündigen Verbrauch nöthige Gasquantum kann man durch mässiges Erhitzen von 20 Gramm Cyanquecksilber in einem Glaskolben erzeugen, in einen Gasometer (vergl. Fig. 92 S. 77) überleiten und von hier aus zur Verbrennungsröhre weiter führen. Der photographische Apparat wird gegen das Spiegelbild der Flamme gerichtet und dieselbe im ruhenden Zustande auf die Mitte der Visirscheibe in der Form, wie solche in Figur 358 *a* ersichtlich ist, scharf eingestellt. Hierauf wird die matte Scheibe mit der lichtempfindlichen

Platte vertauscht, der Kassettenschieber geöffnet, der Spiegel in Rotation versetzt und der Perkussionston angeschlagen; in demselben Momente wird der Objektivdeckel geöffnet und dem Lichte der flackernden Flamme Eintritt gewährt. Die Lichtwirkung wird auf der präparirten Platte in analoger Weise ersichtlich sein, wie solches in den Figuren 358 bis 361 dargestellt ist.

Fig. 360. Flammenbild bei Erschütterung der Brustwand während der Aussprache des Buchstaben U.

Diese Figuren sind der GERHARDT'schen Tafel entnommen. Auf derselben sind eine grössere Zahl von optischen Bildern verschiedener Perkussionstöne, sowie einige Kurvenbilder von Flammenvibrationen wiedergegeben, welche durch ein in der Nähe der Flamme mit tiefer und lauter Stimme ausgesprochenes U hervorgerufen werden. Der Resonanztrichter, welcher durch ein Kautschukrohr mit der Flamme verbunden ist, wird dabei entweder vor den geöffneten Mund (Fig. 359) oder an die vordere Brustwand (Fig. 360) gehalten. Die Kurve Figur 361 entspricht dem tympanitischen Schalle der Trachea bei halbgesenktem Kehldeckel. Die übrigen von uns nicht reproduzirten Abbildungen der GERHARDT'schen Tafel stellen verschiedene Formen tympanitischer, nichttympanitischer und gedämpfter Tonvibrationen, sowie das an dem Spiegelbilde der Flamme sichtbar gemachte Geräusch eines Cruralarterien-Aneurysma's dar.

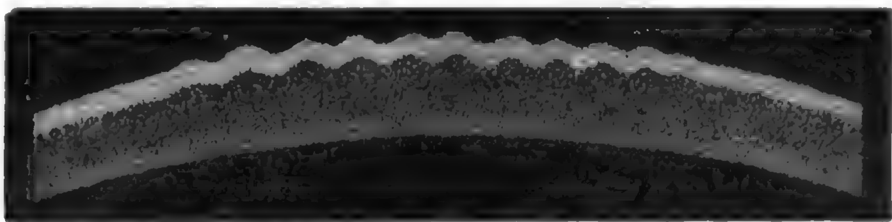


Fig. 361. Flammenbild bei tiefem tympanitischem Schall.

Ueber die spezielle Technik zur Darstellung schallempfindlicher Flammen verweisen wir auf die Lehrbücher der Physik, insbesondere auf das Buch JOHN TYNDALL's »Der Schall«, deutsch von H. HELMHOLTZ und G. WIEDEMANN.

### 3. MEDIZINISCH-FORENSISCHE PHOTOGRAPHIE.

Nicht allein die in neuerer Zeit zur Vereinfachung der Voruntersuchung bei schweren Kriminalfällen üblichen photographischen Auf-

nahmen von Verbrecherphysiognomien und die Verbreitung derartiger Bilder bieten dem Untersuchungsrichter eine geeignete Handhabe zur Aufklärung eines Kriminalfalles, sondern es sind besonders die photographischen Abbildungen aufgefundener Leichen und der an denselben sich zeigenden Verletzungen, welche zur Feststellung eines Thatbestandes nicht unwesentlich beitragen; derartige Aufnahmen können von jedem Photographen angefertigt werden.

Anders aber verhält es sich in manchen Fällen forensischer Untersuchung, welche ein ärztliches Gutachten bezüglich vorgefundener Blutflecken verlangen. Hier handelt es sich vornehmlich um eine exakte mikroskopische Untersuchung, wobei eventuell die Anwendung der Mikrophotographie in Betracht kommen kann. Nicht selten haben Gerichtsarzt und Gerichtschemiker die Frage zu entscheiden, ob gewisse Flecken an dem Linnenzeug eines Angeschuldigten oder an Werkzeugen, Möbeln etc. von Blut oder Farbe herrühren, ob sie von Menschen- oder Thierblut stammen, ob einzelne Härchen, welche an den Kleidungsstücken eines verdächtigen Individuums gefunden worden, Menschen- oder Thierhaare seien.

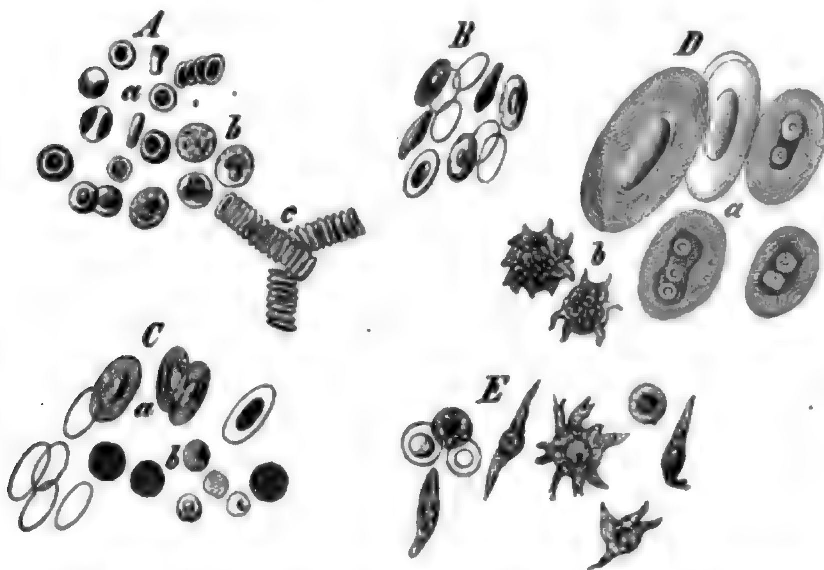



Fig. 362. Verschiedene Formen von Blutkörperchen (nach Leydig).

*A* des Menschen; *a* farbige, *b* farblose, *c* geldrollenförmig beisammenliegend. *B* von der Taube. *C* vom Rochen; *a* farbige, *b* farblose. *D* vom Proteus; *a* farbige, *b* farblose. *E* von wirbellosen Thieren. — Die Vergrösserung entspricht den auf S. 391 erwähnten Verhältnissen.

Die mikroskopische Differenzialdiagnose stützt sich zunächst auf die Form- und Grössenverhältnisse der Blutkörperchen. Denn, wie bekannt, zeigt das Blut der Säugethiere, mit Ausnahme des Kameels und des Lama, runde Zellen, das Blut der Vögel, Reptilien und Fische ovale, die mit einigen runden sogenannten weissen Blutkörperchen gemischt sind. Auch die einzelnen Gattungen der genannten Thierarten lassen sich aus der durch die mikroskopische Untersuchung ermittelten Form und Grösse der Blutzellen unterscheiden (Fig. 362). Da jedoch die mikroskopische Untersuchung subjektive Täuschungen des Gesichtsinns nicht ausschliesst, zumal die optischen Untersuchungsmethoden oft unsicher

sind, so hat die gerichtliche Praxis die Hülfe des Mikroskops nicht als massgebend anerkannt.

Durch die Anwendung der Mikrophotographie scheint uns gerade in dieser Hinsicht Erspriessliches geleistet werden zu können, indem in erster Linie nicht allein jede subjektive Täuschung durch das objektive photographische Bild ausgeschlossen wird, sondern noch ein ganz besonders schätzenswerther Vortheil aus dieser Methode dadurch erwächst, dass dem Richter und dem Geschworenen der mikroskopische Befund in naturgetreuem, objektivem Bilde an Handen gegeben werden kann. Es wird viel einfacher und leichter sein, die Ergebnisse einer gerichtsärztlichen Untersuchung auf diesem Wege den mit der Anatomie und Physiologie des Blutes durchaus unbekannten Laien klar zu machen, als ihnen durch noch so ausführliche medizinische Gutachten das Verständniss derartig verwickelter Fragen, behufs einer Entscheidung, zu ermöglichen. Ich habe an der Hand mikrophotographischer Abbildungen eine vergleichende Grössenberechnung angestellt und bin durch direkte Messungen auf den Photogrammen mittels der auf S. 373 erwähnten Methode zur Bestätigung folgender Resultate gelangt:

| Thiergattung | Scheinbare Grösse bei 350facher Vergrösserung | Durchschnittliche wirkliche Naturgrösse | Form |
|---|---|---|---|
| | Millimeter | Millimeter | |
| Mensch | 2,69 | 0,0077 | rund |
| Kaninchen | 2,41 | 0,0069 | rund |
| Katze | 2,27 | 0,0065 | rund |
| Schwein | 2,10 | 0,0060 | rund |
| Pferd | 1,97 | 0,0056 | rund |
| Ochse | 1,96 | 0,0055 | rund |
| Schaf | 1,75 | 0,0050 | rund |
| Ziege | 1,61 | 0,0046 | rund |
| Taube | 4,76 | 0,0136 | oval |
| Hecht | 6,37 | 0,0182 | oval |
| Frosch | 7,52 | 0,0215 | oval |
| Salamander (Proteus) | 13,19 | 0,0377 | oval |

Ausser der bei verschiedenen Thieren zu findenden Differenz der Blutkörperchen können auch noch die Formen der Blutkrystalle, sowie die mikrospektroskopischen Absorptionsbänder (siehe S. 279), zu einer vergleichenden mikrochemischen Diagnostik auf photographischem Wege benutzt werden. Die Blutkrystalle werden folgendermassen dargestellt: wir lassen zunächst einen Tropfen Blut auf einer kleinen Glasplatte verdunsten und benetzen die Stelle mit Wasser oder mit gewissen Reagentien und zwar geschieht dieses wiederholt, sobald ein Theil der Zusatzflüssigkeit sich in Dunst verwandelt hat. Es bilden sich unter

dem Deckgläschen kleine mikroskopische Krystalle von röthlich-brauner, röthlich-gelber oder amaranthartiger Färbung, welche je nach der Thierart verschieden geformt sind (Fig. 363). Unter *a* sind Krystalle aus menschlichem Venenblut, unter *b* aus dem Milzblut des Menschen, unter *c* aus dem Herzblut einer Katze, unter *d* aus der Halsvene des Meerschweinchens; bei *e* solche aus dem Blute eines Hamsters und bei *f* aus dem Blute des Eichhörnchens abgebildet. Diese besonders charakteristisch und scharf begrenzten Krystallformen eignen sich vorzugsweise für mikrophotographische Darstellungen.

Fig. 363. Blutkrystalle aus dem Blute verschiedener warmblütiger Geschöpfe.

Was die differenzielle mikroskopische Diagnose der Haare anbelangt, so kann auch in dieser Beziehung die Mikrophotographie von Nutzen werden, indem sich unter dem Mikroskope Haare der verschiedensten Thiergattungen auf das Exakteste von einander unterscheiden lassen und verweisen wir für eingehendere Studien auf die in dem anliegenden Literaturverzeichnisse erwähnten Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie. Auch alle anderen möglicherweise noch bei forensischen Untersuchungen in Betracht kommenden Gewebselemente können nach den in unserem neunten Kapitel angegebenen Methoden mikrophotographisch abgebildet werden.

Auf diese Weise erhalten die vereinten mikroskopischen, mikrospektrischen und mikrochemischen Analysen, gestützt auf photographische Darstellungen, für die gerichtliche Medizin einen objektiven Werth.

## 4. DAS PHOTOGRAPHISCHE OPHTHALMOSKOP.

### a. BAU UND ANWENDUNGSWEISE DES AUGENSPIEGELS.

Seit H. Helmholtz den Augenspiegel erfunden und durch denselben die Untersuchung des inneren Auges ermöglicht hat, wurde von verschiedenen Augenärzten die Frage erörtert, ob man den Hintergrund

des Auges auch photographisch darstellen könne. Bezügliche praktische Versuche sind meines Wissens nur von Rosebrugh zu Toronto in Canada und von Liebreich in Paris angestellt worden.

Schon in den frühesten Zeiten naturwissenschaftlicher Beobachtung strebte man nach der Beantwortung zweier hierher gehöriger Fragen. Erstens, weshalb bisweilen die Augen gewisser Thiere leuchten, und zweitens, weshalb das so sehr lichtempfindliche Auge hinter der Pupille absolut dunkel erscheine. Das Leuchten der Thieraugen, welches man früher als eine unter dem Einflusse des Nervensystems stehende spontane Lichtentwicklung ansah, findet seine Erklärung darin, dass es durch Zurückwerfen des in das Auge von aussen eindringenden Lichtes infolge des ausserordentlichen Lichtbrechungsvermögens der Krystalllinse und der stark reflektirenden Eigenschaften des Augenhintergrundes entsteht. Die Dunkelheit im menschlichen Auge dagegen rührt von der Durchsichtigkeit und Wölbung der Netzhautfläche her, welche das eintretende Licht nur zum geringsten Theile nach aussen reflektirt und die übrige Lichtmasse auf die dunkle Aderhaut durchtreten lässt, von deren schwarzer Pigmentschicht sie grossentheils absorbirt wird. Lässt man dagegen ein Lichtquantum, z. B. die Strahlen einer brennenden Kerze, direkt in das Auge eines zu Untersuchenden eintreten und ist der Beobachter im Stande, sein Auge in die Richtung der wenigen Strahlen zu versetzen, welche in gleicher Ebene wieder austreten, so macht auch das Auge des Menschen den Eindruck des Leuchtens. Ein solcher Effekt kann durch eine reflektirende Glasplatte erzielt werden, welche in bestimmtem Neigungswinkel zwischen dem untersuchenden und dem untersuchten Auge sich befindet. Von dieser Erfahrung ausgehend, erfand H. Helmholtz im Jahre 1851 das Mittel, die Netzhaut der Beobachtung zu erschliessen, nämlich den Augenspiegel.

Vergegenwärtigen wir uns zum genaueren Verständnisse der Wirkung desselben in Kürze den Bau des menschlichen Auges (Fig. 364). Dasselbe ist bekanntlich ein nahezu kugelförmiges Organ, welches von verschiedenen Häuten, der harten Grenzhaut (Sklerotika) *O*, der Pigmenthaut (Chorioidea) *P*, der Netzhaut (Retina) *f* begrenzt ist; diese Schichten werden von dem Sehnerven *N*, welcher sich auf der Netzhaut bei *ff'* ausbreitet, durchbohrt. In das kugelförmige Organ ist nach vorn die Linse *L* eingebettet; vor derselben befindet sich die von der Pupille durchbrochene Regenbogenhaut (Iris) *I*. Letztere ist von der glänzenden Hornhaut *H* überwölbt. Zwischen dem Sehnerven *N* und der Linse *L* befindet sich der gallertartige Glaskörper *M*, zwischen Hornhaut und Linse eine klare Flüssigkeit, der Humor aqueus *K*. Dem Baue des Auges entspricht eine jede photographische

Camera: die Linse *L* ersetzt das Objektiv, die Iris oder sogenannte Regenbogenhaut *I'* funktionirt als Blende, die lichtempfindliche Retina oder die Netzhaut, welche das innere Auge auskleidet, ist der empfindlichen Platte im photographischen Apparat vollkommen analog.

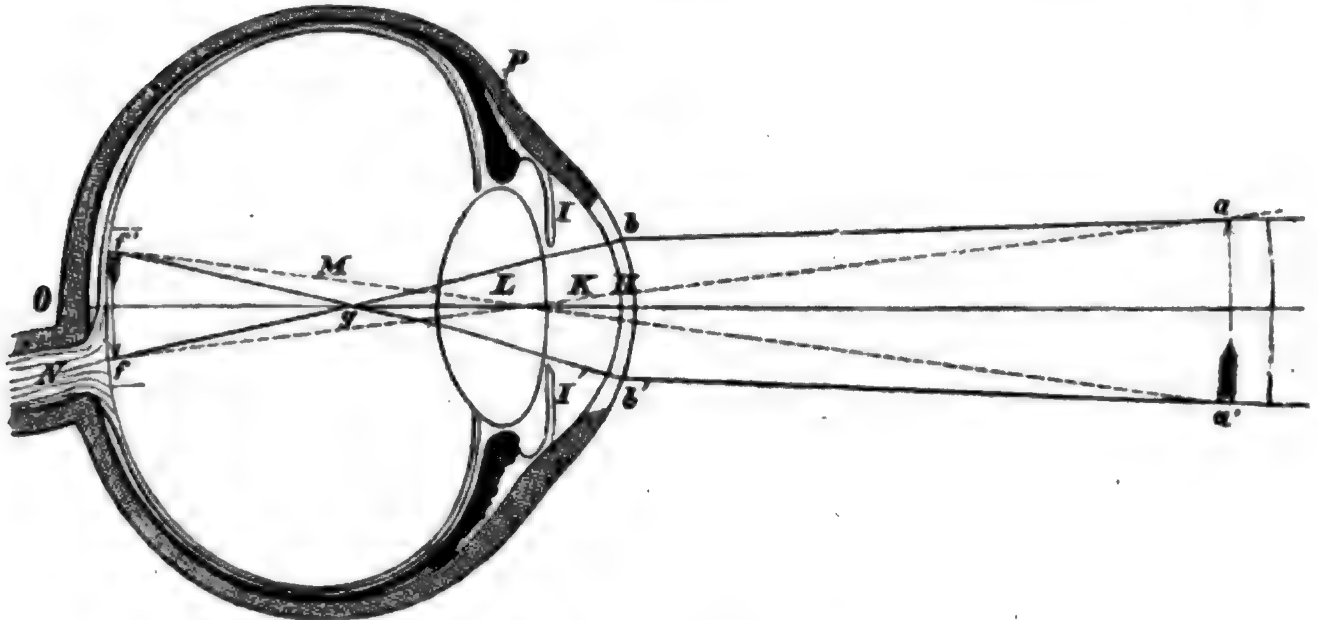



Fig. 364. Bau des menschlichen Auges.

Von dem hellen Gegenstande *a a'* wird durch Vermittelung der Linse *L* ein umgekehrtes Bild auf der Retina in *f f'* entworfen und durch die mit den leitenden Nervenfasern *N* in Verbindung stehenden Netzhautgebilde dem Gehirne zur Empfindung übermittelt.

Soll nun das Innere des Auges, vielmehr die dasselbe begrenzende Wandung von aussen untersucht werden, so muss eine gewisse Quantität Licht durch die Oeffnung *I I'* in der Weise ins Auge nach *f f'* dringen, dass eine Anzahl Strahlen wieder auf demselben Wege zurückkehren, in dessen Richtung die erleuchtete Stelle des Augenhintergrundes von *a a'* aus beobachtet werden soll. Diese Bedingungen sind mit Hülfe des »Augenspiegels« zu erfüllen. Helmholtz hat sich zu diesem Behufe reflektirender Glasplatten bedient, welche das Licht in das zu untersuchende Auge hineinspiegelten, einen Theil der aus dem erleuchteten Auge zurückkehrenden Strahlen aber in das hinter den Platten befindliche Auge des Beobachters durchtreten liessen.

Fig. 365. Einfacher Augenspiegel.

Man bedient sich jetzt zum Zwecke der Beleuchtung und Besichtigung des Augengrundes kleiner in der Mitte durchbohrter gestielter Plan- und Hohlspiegel (Fig. 365). Durch dieselben wird das Licht von einer seitlich angebrachten Lichtquelle in der

Weise in das zu untersuchende Auge geworfen, dass man mit dem eigenen Auge durch das Bohrloch des Spiegels hindurch in das durch die reflektirten Strahlen erleuchtete zweite Auge blickt. Nehmen wir an, dass sich in *A* (Fig. 366) das Auge des zu Untersuchenden, in *B* das Auge des Beobachters befinde. Seitlich in *D* befinde sich die Lichtquelle, z. B. eine Lampe, während *SS* den durchbohrten Spiegel darstellt.

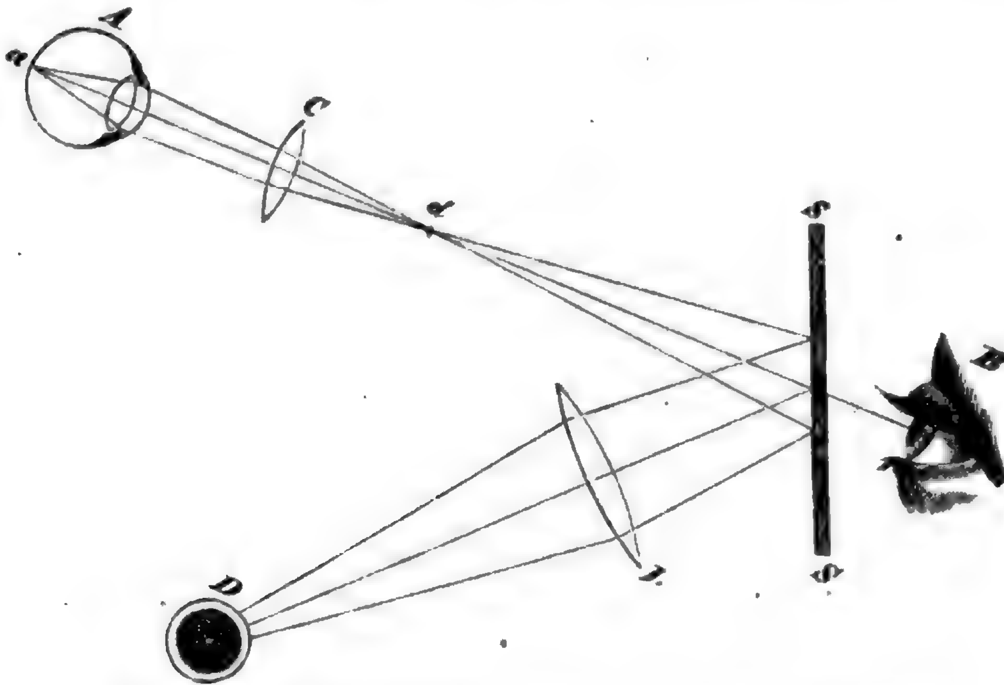



Fig. 366. Gang der Lichtstrahlen beim Augenspiegeln (nach Helmholtz).

Fallen nun die Strahlen der Lichtquelle *D* in einem Winkel von ungefähr 60 Grad auf den Spiegel *SS*, so werden sie von der spiegelnden Fläche desselben in das Auge *A* geworfen, von dem Hintergrund *a* desselben aber zum Theil zurückgeworfen. Ein Theil dieser abermals reflektirten Strahlen wird nun wieder nach der Lichtquelle zurückgehen, ein anderer Theil aber durch die Oeffnung des Spiegels *SS* in das Auge des Beobachters *B* dringen, wodurch demselben der Hintergrund des beleuchteten Auges *A* sichtbar wird.

Fig. 367. Entstehung des umgekehrten reellen Augenspiegelbildes.

Bei *L* befindet sich eine Linse, welche die von der Lichtquelle kommenden divergenten Strahlen in einen konvergenten Lichtkegel verwandelt, welcher von dem Spiegel *SS* in unveränderter Konvergenz, jedoch in anderer Richtung weiter gegen das Auge *A* geleitet wird. Durch Vermittelung der Linse *C* werden die aus dem Auge zurücktretenden Strahlen eine solche Konvergenz erfahren, dass sie im Punkte *d*

ein deutliches, reelles vergrössertes, umgekehrtes Luftbild des Augenhintergrundes entwerfen; dieses nimmt der in *B* befindliche Beobachter wahr. Der Beobachter *C* (Fig. 367) sieht durch Vermittelung der Linse *B* das umgekehrte Netzhautbild *a* des Auges *A* in der Gegend von *d*.

Figur 368 zeigt uns die praktische Anwendungsart des in Figur 365 abgebildeten Augenspiegels. *bb* ist ein Hohlspiegel, bei dessen Verwendung die Linse *L* (Fig. 366) entbehrt werden kann; auch die Konvexlinse *B* (Fig. 367) ist weggelassen; *c* ist die Oeffnung in der Mitte des Spiegels, *d* der Spiegelgriff, *e* das zu beobachtende Auge, welches durch die von der Lichtquelle *g* kommenden und von dem Spiegel *b b* reflektirten Lichtstrahlen erleuchtet wird.

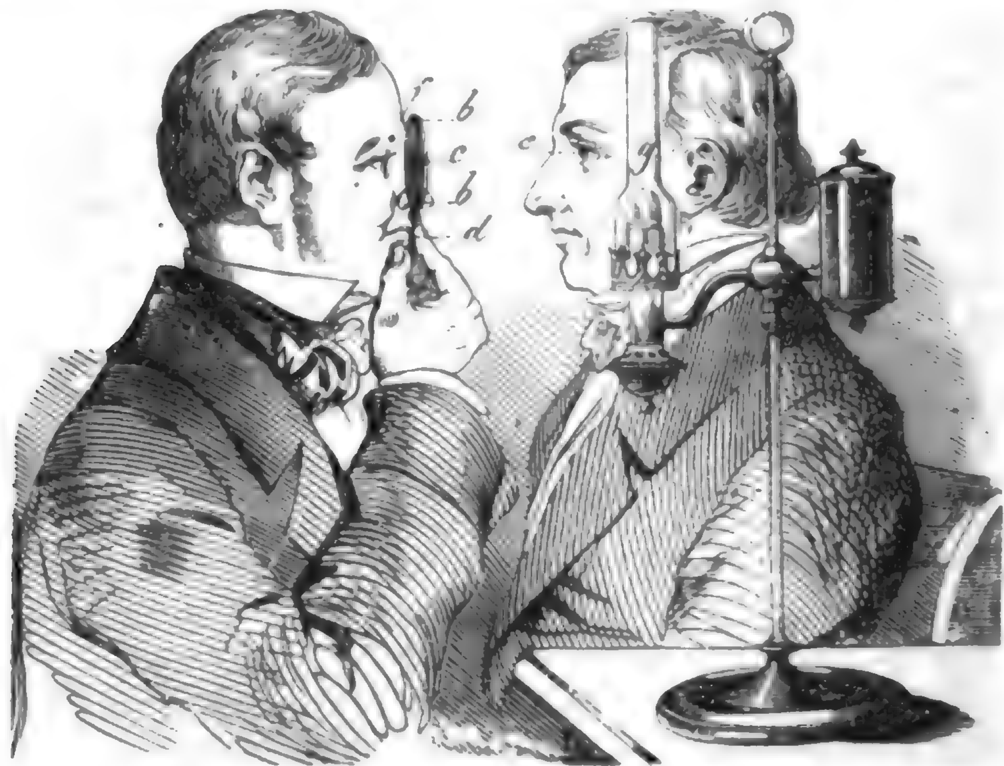


Fig. 368. Anwendungsweise des Augenspiegels.

Um das Bild des Augenhintergrundes leichter wahrzunehmen, wird gewöhnlich die Pupille durch Einträufeln von Atropin erweitert. Das Atropin hat die Eigenschaft, die Verengerung der Pupille, welche bei dem Eintritt heller Lichtstrahlen in das Auge stattfindet, durch temporäre Lähmung der die Pupille regierenden Schliessmuskeln zu verhüten, somit die Pupille zu erweitern.

Es sind in den letzten zwanzig Jahren mannichfache und wesentliche Verbesserungen des Augenspiegels in Ausführung gebracht worden und zwar besonders durch Rüte und Coccius in Leipzig, Jäger in Wien, Hasner in Prag, Meyerstein in Göttingen und Liebreich in Paris. Der Augenspiegel von Coccius besteht in einem kleinen viereckigen

Planspiegel mit weiter Oeffnung (Fig. 369), um dessen Stiel ein verschiebbares Querbälkchen sich dreht, welches wiederum eine bewegliche Konvexlinse von fünf Zoll Brennweite trägt. Bei dem Gebrauch wird die Linse nach der Lichtflamme gerichtet; ist dieselbe entsprechend der in Figur 368 abgebildeten schematischen Zeichnung richtig gestellt, so sieht man auf dem Auge des zu Beobachtenden einen sehr hellen Lichtkreis, von welchem ein Theil durch die Pupille hindurchtritt.

Fig. 369. Augenspiegel von Coccius.

Richtet man das Licht auf die Mitte der Pupille und bringt zu gleicher Zeit das eigene Auge möglichst nahe hinter den Spiegel, so zeigt sich der Hintergrund des zu untersuchenden Auges in trefflicher Beleuchtung. Um die Vortheile verschieden konstruirter Augenspiegel in einem einzigen Apparate zu vereinigen, konstruirte Jäger mit Benutzung von Hohlspiegeln ein ziemlich komplizirtes Instrument. Der Jäger'sche Spiegel (Fig. 370), durch welchen dem zu untersuchenden Auge konvergentes Licht zugeführt wird, sitzt mit zwei beweglichen Handhaben in einer Metallhülse. In diese können sowol durchbohrte Hohl- und Planspiegel als auch unbelegte Glasplatten unter schiefem Winkel eingelegt werden, welche in Verbindung mit Konkav- und Konvexgläsern den Augenhintergrund im aufrechten oder umgekehrten Bilde erkennen lassen. Alle übrigen hierher gehörigen Beobachtungsinstrumente stützen sich auf das nämliche Prinzip; fast jeder bedeutende Augenarzt hat sein eigenes Instrument konstruirt und beschrieben; für unseren Zweck ist jedoch nur noch Liebreich's grosser Augenspiegel von Interesse, auf welchen wir in dem folgenden Paragraphen zurückkommen werden.

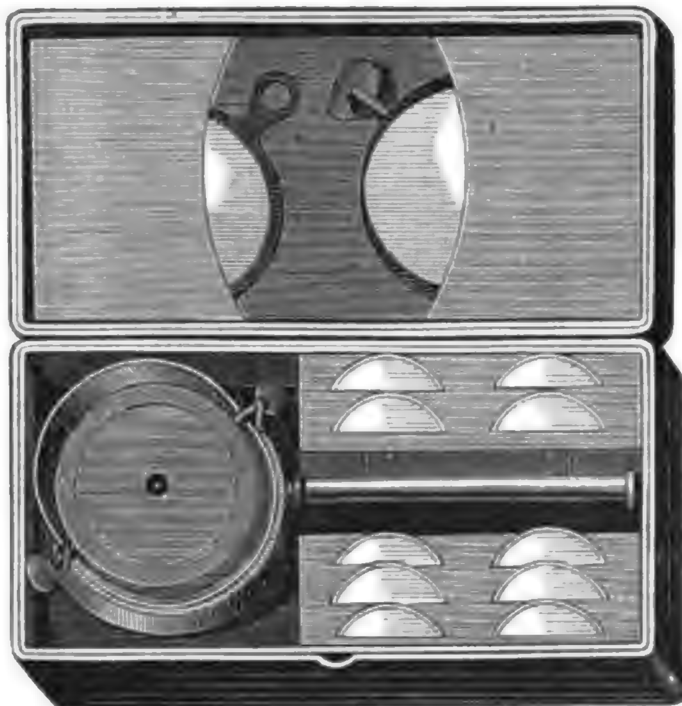


Fig. 370. Jäger's Augenspiegel.

### b. DIE PHOTOGRAPHISCHEN OPHTHALMOSKOPE.

Der für die Photographie der Retina eines Thierauges bestimmte photographische Apparat des Dr. Rosebrugh, welchen wir in der Einleitung zu diesem Paragraphen erwähnt, beruht auf dem ursprünglichen Helmholtz'schen Prinzipe der Anwendung einer Glasplatte *DS* (Fig. 371), welche in eine zweizöllige Röhre *B* eingelassen ist; diese Röhre enthält ein Objektivsystem *hri*, welches zu einer anstossenden Camera *K* gehört. Rechtwinkelig auf der Röhre *B*, gegenüber der Glasplatte, stehen zwei weitere Röhren *A* und *C*; die Röhre *A* ist nach der Lichtquelle *mq* gerichtet und enthält eine Kondensirungslinse *gr*; die von derselben gebrochenen Strahlen werden theils von der Glasfläche *D S* in das Auge reflektirt, theils treten dieselben durch *DS* hindurch, indem sie sich in *V* vereinigen und in der Richtung von *W X* wieder divergiren.

Fig. 371. Rosebrugh's Photo-Ophthalmoskop.

Die von dem Hintergrunde *tp* des Auges *U* reflektirten Strahlen gehen zum Theil in der Richtung nach *B* durch die Glasplatte und werden durch die Objektivlinsen *hr* und *i* auf der matten Scheibe *f* der Camera *K* zu einem reellen Bilde des Augenhintergrundes vereinigt, worauf sie photographisch fixirt werden können. Vor und hinter der Glasplatte sind Vorrichtungen zum Abblenden des Lichtes angebracht. Der Apparat soll sich vornehmlich zur Photographie der Netzhautgefässe des Katzenauges bei chloroformirten Thieren bewährt haben.

Der von Liebreich konstruirte Augenspiegel (Fig. 372) eignet sich ohne jede weitere Abänderung zur Photographie des Augenhintergrundes. Das bei *s* durch ein Trieb verschiebbare Röhrensystem wird mittels einer starken Messingstange *i''* an den Tisch festgeschraubt. Bei *r* befindet sich ein durchbohrter Spiegel, zu welchem das Licht durch einen Ausschnitt in der Röhre gelangt. Die Schrauben *g* und *f* dienen zur Drehung des Spiegels. Bei *e* befindet sich eine bikonvexe Linse von ca. 2 Zoll Brennweite, die ebenfalls um ihre vertikale Axe drehbar ist und der Linse *C* in Fig. 366 entspricht. Der Kopf des zu Untersuchenden

wird mit einem eigenthümlichen, bei $i'$ an einen Tisch anzuschraubenden Kinnhalter $l$ fixirt, der wiederum bei $k$ je nach Bedarf hoch und tief gestellt werden kann. Derselbe besteht aus einer gepolsterten drehbaren Schale $l$, dem verschiebbaren Stäbchen $lk$ und einigen Stellschrauben. Ein an der Stange $n$ befestigter gepolsterter Bügel dient zur Fixirung der Stirne. Stange und Bügel können in horizontaler Richtung bei $m$ verschoben und festgestellt werden. Um dem zu untersuchenden Auge eine bestimmte Richtung zu geben, ist bei $h$ ein an einem gegliederten Stäbchen befindliches Knöpfchen angebracht, nach welchem das Auge während der Untersuchung sich zu richten hat.

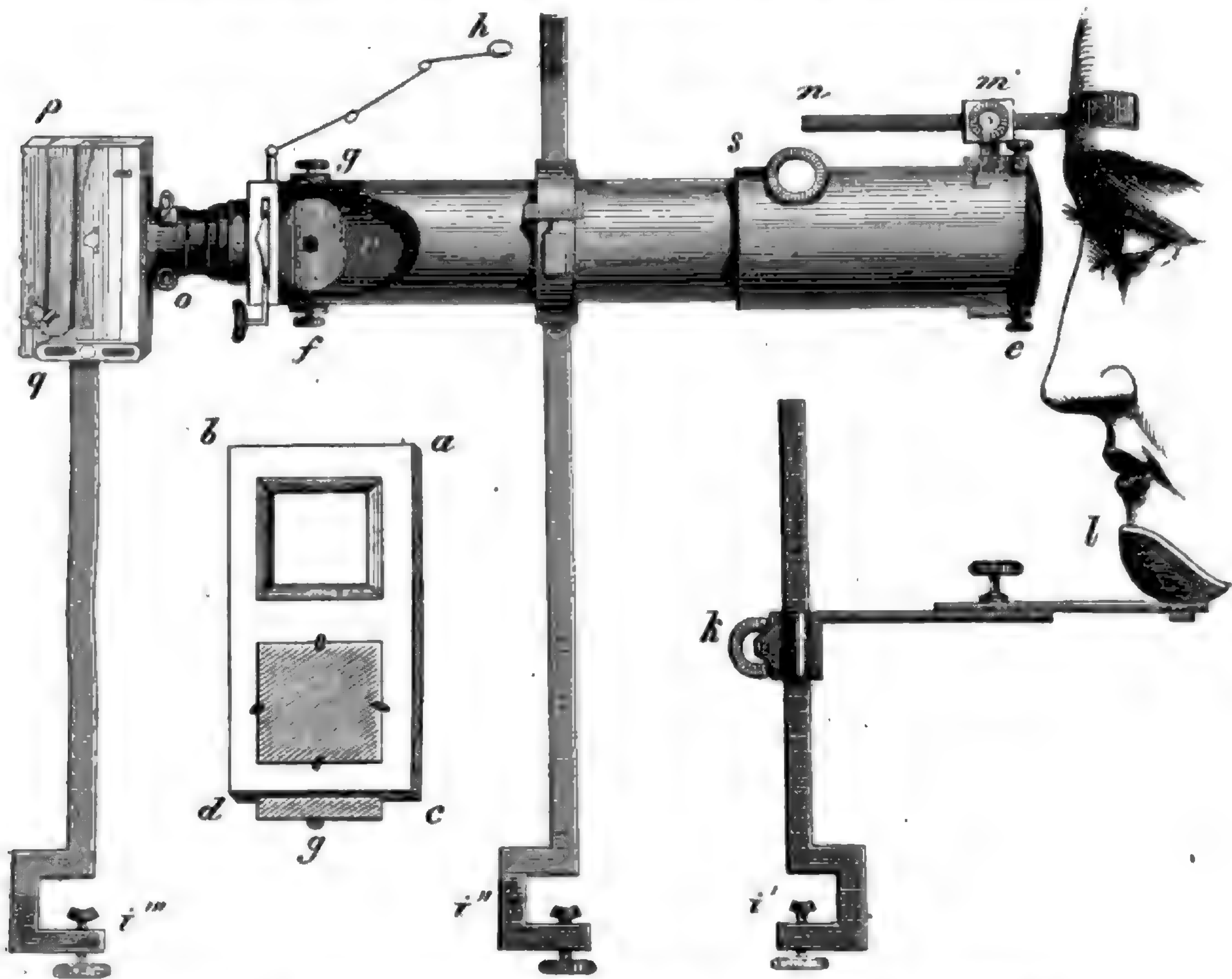



Fig. 372. Liebreich's grosser Augenspiegel mit photographischer Einrichtung.

Soll das Instrument zur direkten Beobachtung benutzt werden, so muss das Röhrensystem in gleicher Höhe mit dem Auge des Beobachters und des zu Beobachtenden stehen. Die Lampe befindet sich dann gegenüber dem Augenspiegel $gf$ ebenfalls in gleicher Höhe. Um nun die Netzhaut des Auges photographisch wiederzugeben, wird an Stelle des beobachtenden Auges eine kleine photographische Camera $pq$ angebracht. Dieselbe ist durch die Stange bei $i'''$ an einer Tischkante befestigt.

Zwischen dem Augenspiegel und der Camera befindet sich ein sehr lichtstarkes kleines elfliniges Objektiv, welches durch einen Schraubenring mit dem Augenspiegel in geschlossener Verbindung steht. Nachdem die Pupille des zu photographirenden Auges mittels Atropin erweitert ist, wird der Kopf der betreffenden sitzenden Person durch Stirn- und Kinnhalter in eine möglichst feste Stellung vor das eine Ende des Instrumentes gebracht. Die Entfernung des Auges von der Linse *e* richtet sich nach der Brennweite der letzteren. Nachdem man der Linse mittels der Schraube *l* die erforderliche Stellung, um Hornhautreflexe zu vermeiden, gegeben hat, lässt man das zu photographirende Auge das Knöpfchen *h* fixiren und stellt mittels des Augenspiegels *f g*, indem man durch die kleine Oeffnung *r* blickt, das zu photographirende Netzhautbild für direkte Beobachtung ein. Hierauf vereinigt man Camera und Objektiv durch den oben erwähnten Verbindungsring mit dem Augenspiegel und es wird sich das Bild der Retina auf der matten Scheibe der Camera *pq* abbilden und durch die Stellschraube *o* mit Leichtigkeit scharf einstellen lassen. Die Beleuchtung des Netzhautbildes geschieht mittels gewöhnlichen Lampenlichtes. Zur Erreichung eines photographischen Effekts aber ist eine sehr intensive Lichtquelle, Sonnen- oder Magnesiumlicht unentbehrlich. Genau an die Stelle der Lampenflamme muss zum Zwecke chemischer Wirkung, nachdem man die matte Scheibe *pq* mit der empfindlichen Platte vertauscht, entweder ein brennender Magnesiumdraht oder ein das Sonnenlicht auf den Augenspiegel werfender Reflektor gebracht werden. Um die leuchtenden Strahlen, welche ein normales Auge zu sehr blenden würden, zu absorbiren und dennoch den meisten chemischen Strahlen Durchgang zu gewähren, wird im Momente der Aufnahme zwischen *g* und *s* ein im Röhrensystem querstehendes blauviolettes Glas oder ein mit Kupferoxydammoniak gefüllter parallelwandiger Glastrog eingefügt. Die Bilder, welche der in dieser Weise zusammengesetzte Apparat giebt, haben eine Grösse von ungefähr einem Centimeter. Bei Anwendung stärkerer Objektive und weiterem Auszuge der Camera kann ein grösseres Bild erzielt werden. Ein 19liniges Objektiv z. B. giebt schon eine Bildgrösse von 3 Centimeter. Es ist indess die Anwendung zu grosser Objektive unthunlich, weil die ganze Zusammenstellung zu voluminös würde und man mit Leichtigkeit das kleine Bild nach den im vorigen Kapitel erwähnten Methoden vergrössern kann.

Das Bild des Augengrundes erscheint bei starker Beleuchtung auf der matten Scheibe roth, dagegen zeichnet sich die Eintrittstelle des Sehnerven weisslich ab. Man sieht auf rosenrothem Grunde die hochrothen Netzhautgefässe verlaufen, deren Stämme aus der Mitte hervor-

treten, wie wir diese Verhältnisse in Figur 373 nach Helmholtz wiedergegeben haben. Zwischen den Verzweigungen der Centralarterie des Auges erkennen wir das maschenförmige, schwach konturirte Netz der Aderhautgefässe.

Unsere Figur 374 zeigt eine Anzahl Blutgefässe einer mittels des Liebreich'schen Augenspiegels photographirten Kaninchen-Retina, welche in circa dreimaliger Linearvergrösserung direkt aufgenommen wurde. Die Lichtquelle bestand aus brennendem Magnesiumdraht; das Thierauge war stark atropinisirt; das Thier selbst auf ein Bret befestigt.

Fig. 374. Augenhintergrund des Kaninchenauges (nach einer Photographie).

Fig. 373. Augenhintergrund nach Helmholtz.

Die Aufnahme geschah ohne Chloroformnarkose, indem ich das Licht durch einen Reflektor auf den Spiegel *r* Figur 372 lenkte und von diesem aus in das atropinisirte Auge einfallen liess. Die Expositionszeit dauerte, nachdem scharf eingestellt war, ungefähr eine halbe Minute.

### 5. Der Ohrenspiegel und das Photo-Otoskop.

Zur photographischen Abbildung des äusseren Gehörganges und des Trommelfells nimmt man sowol für normale als für pathologische Zustände den Ohrenspiegel zu Hülfe und wie die Anwendung desselben an und für sich eine ziemlich einfache ist, so ist sie es auch zu diesem Zwecke. Je nach der Weite des äusseren Gehörganges werden Metall- oder Kautschuk-Röhrchen von der aus Figur 375 ersichtlichen konischen Form in das Ohr eingeschoben; sie haben den Zweck, die in dem Ohre befindlichen feinen Haare, welche die Beobachtung des Trommelfells stören, beiseite zu schieben, sowie die Krümmungen des äusseren

Gehörganges auszugleichen, und dadurch den eindringenden Lichtstrahlen den Weg zu bahnen. Mittels eines in der Mitte durchbohrten reflektirenden Hohlspiegels wird, ganz nach Analogie des oben geschilderten Augenspiegels, Licht durch die Röhrchen in das Ohr geworfen.

Gewöhnlich wird der Ohrenspiegel in der Weise angewendet, dass der beobachtende Arzt mit der einen Hand die Ohrmuschel nach hinten zieht, um den Trichter einzuführen, mit der anderen den Spiegel am Stiele fasst und demselben die geeignete Stellung zur Leitung der Lichtstrahlen in das Ohr giebt. Professor LUCAE in Berlin hat eine kleine Modifikation angegeben, durch welche der Ohrenspiegel mit einer Klammer (Fig. 376) auf die Schulter des zu Untersuchenden befestigt wird. In diesem Falle besteht der Stiel aus zwei Röhren, welche in einander verschiebbar sind, um solche je nach der Entfernung des Ohres von der Schulter höher oder tiefer stellen zu können. Einen für unseren Zweck sehr praktischen Apparat hat BRUNTON angegeben (Fig. 377). Derselbe besteht aus zwei in rechtem Winkel auf einander gelötheten Röhren, hinter deren Vereinigungsstelle ein durchbohrter Metallspiegel *e f* (Fig. 378) eingelöthet ist. Die Röhre *c* trägt bei *d* den Röhrentrichter und an der entgegengesetzten Seite bei *h* ist eine vergrössernde plankonvexe Linse angebracht, welche als Okular (*i k*) dient. Befindet sich nun der ganze Apparat *A B C* in dem Ohre des zu untersuchenden Patienten, so werden die von der Lichtquelle *L* ausgehenden Strahlen durch das konische Rohr *B* aufgefangen, nach *e f* geleitet und von dem Planspiegel *e f* durch den Trichter *d* in das Ohr geworfen. Hier beleuchten sie das Trommelfell, werden zum Theil reflektirt und die zurückkehrenden Strahlen gelangen durch die mittlere Oeffnung des Spiegels *g* in das Auge des Beobachters, welcher das Bild des ganzen Gehörganges in der Richtung *h d* erblickt.

Fig. 375. Ohrentrichter zum Ohrenspiegel.

Fig. 376. Lucae's Ohrenspiegel.

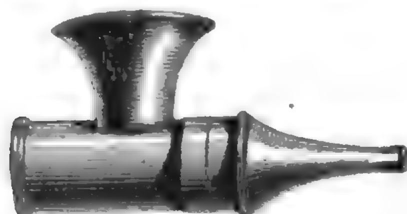


Fig. 377. Brunton's Ohrenspiegel.

Ein solcher Ohrenspiegel wird, um eine photographische Abbildung des Trommelfells zu erzielen, mit einem zu diesem Zweck eigens von mir konstruirten Apparate in Verbindung gebracht (Fig. 379), welcher aus drei Theilen besteht: dem Ohrentrichter *A*, dem Beleuchtungsapparate *B* und dem photographischen Apparate *C*. Alle drei Theile sind fest an einander gefügt. Um dem Apparate, je nach dem Stande der Sonne, die geeignete Richtung geben zu können, ist derselbe mittels Kugelgelenks an einem entsprechenden parallaktischen Stative befestigt. Der Ohrentrichter *A*, ein ca. $1^1/_2$ Zoll langes konisches Röhrchen, welches aus Hartkautschuk angefertigt ist, wird, wie bei dem Brunton'schen Ohrenspiegel, in das Ohr eingeschoben.

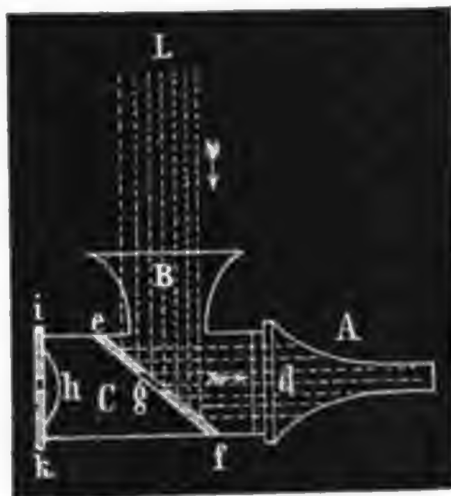


Fig. 378. Querschnitt des Brunton'schen Ohrenspiegels.

Ebenso wie dort besteht der Beleuchtungsapparat *B*, welcher durch einen Deckel bei *a c* leicht verschliessbar ist, aus zwei im rechten Winkel bei *bd* auf einander gelötheten Metallröhren.

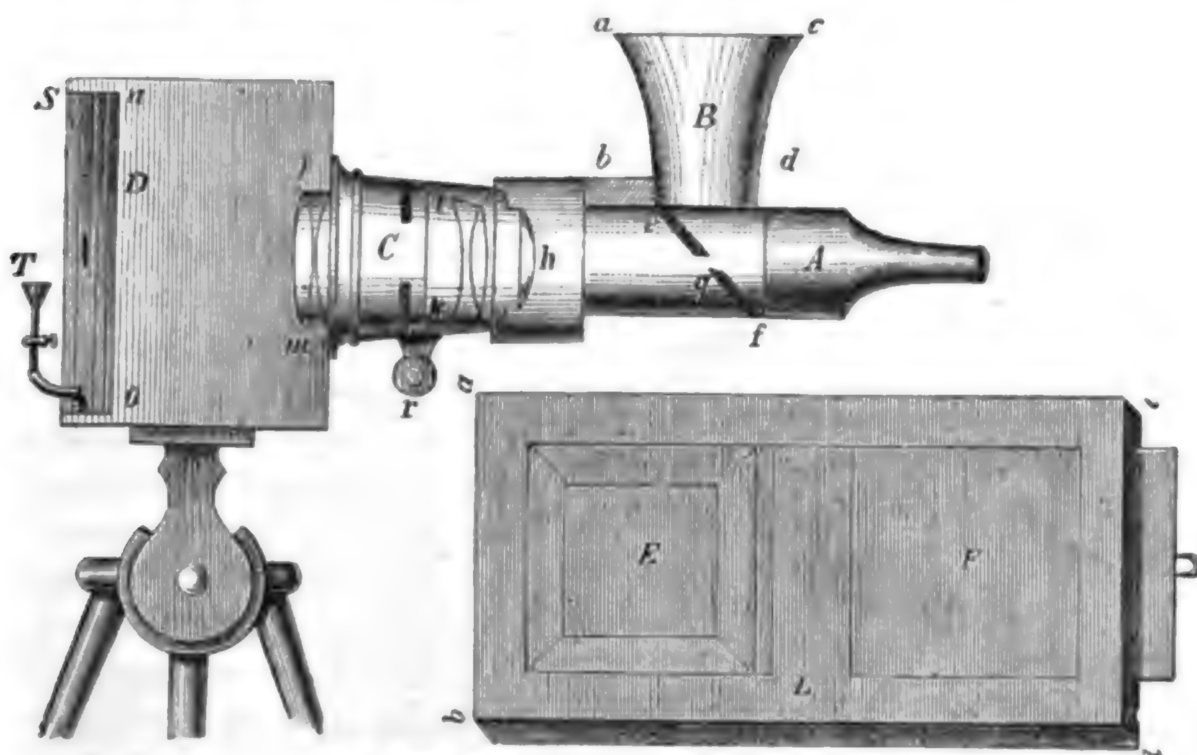


Fig. 379. Stein's photographisches Otoskop.

Der photographische Apparat besteht aus einem 12linigen Doppelobjektiv *C*, nebst kleiner Camera von 2 Zoll Tiefe *D*. Die matte Scheibe und die Kassette sind in einem leicht verschiebbaren Rechtecke *E F*

angebracht. Zwischen Objektiv und Beleuchtungs-Apparat bei *h* befindet sich die vergrössernde plankonvexe Linse. Der Apparat muss so, wie es Figur 380 angiebt, angewendet werden. Je nach dem Stande der Sonne, einer hellen Wolke, oder irgend einer anderen Lichtquelle, kann die Beleuchtungsvorrichtung in ihrer Lage geändert, sowie im Vereine mit dem kleinen Kugelgelenk des Stativs der ganze Apparat nach allen Richtungen sehr leicht verschoben werden; wegen der zu erzielenden Schärfe der Aufnahme ist er in seinen verschiedenen Stellungen festzuschrauben.

Fig. 380. Anwendungsweise des photographischen Otoskops.

Zunächst haben wir hier denselben Vorgang wie bei der Untersuchung durch das Auge. Die Strahlen, welche in die Röhre *a b c d* (Fig. 381) eindringen, werden durch den Planspiegel *ef* in der Richtung nach *A* auf das Trommelfell geworfen. Von hier reflektirt, passiren dieselben den durchbohrten Planspiegel bei *g*, mithin wird das Bild des Trommelfelles durch die Linsenkombination des Objektivs *k i l m* auf die matte Scheibe bei *n o* geworfen. Die erforderliche scharfe Einstellung geschieht theils durch die Stellschraube des Objektivs bei *p*, theils durch Verschiebung der Linse bei *h*, je nachdem man ein etwas vergrössertes oder der natürlichen Grösse entsprechendes Bild zu erhalten wünscht; die Expositionszeit ist bei Sonnenlicht unter Anwendung eines guten Jodbromkollodiums $^1/_2$ Sekunde, bei hellem Tageslicht resp. dem Lichte einer hellen Wolke je nach der Intensität

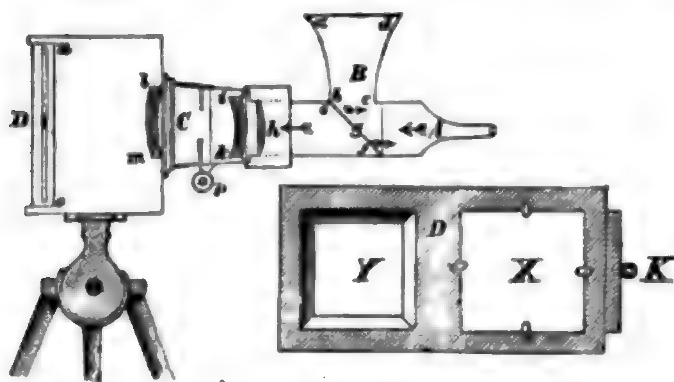


Fig. 381. Gang der Lichtstrahlen im Photo-Otoskop.

der Beleuchtung ca. 15—40 Sekunden. Das Oeffnen und Schliessen des Apparates behufs der Einwirkung der Lichtstrahlen wird bei *a d* vorgenommen. In dem Rahmen bei *Y* befindet sich die matte Scheibe zum Einstellen, bei *X* in einem Kästchen die kleine, 5 Centimeter breite, empfindliche Platte. Ist der Apparat nach der in Figur 380 veranschaulichten Weise in das Ohr gebracht, so schiebt man den Rahmen bei *D* zur Hälfte ein, so dass die matte Scheibe *Y* im Fokus steht. Ist das Bild des Trommelfelles auf der matten Scheibe scharf eingestellt, so schiebt man den Rahmen weiter, so dass nun *X* im Fokus steht und in der Kassette, welche die empfindliche chemisch präparirte Platte enthält, die Lichtwirkung beginnen kann. Zu diesem Behufe wird der Schieber bei *K* aufgezogen, der Deckel bei *a d* geöffnet und nach der genügenden Expositionszeit wieder geschlossen; dann wird der Schieber bei *K* zugedrückt, der Kassettenrahmen *D* herausgenommen und in üblicher Weise zur Entwicklung des Bildes weiter verfahren.

### 6. DAS PHOTO-ENDOSKOP.

Die Einführung der beschriebenen Spiegelapparate in die medizinische Praxis liess bald den Wunsch rege werden, auch die von aussen zugänglichen, tiefer im Innern des menschlichen Körpers gelegenen Höhlen mittels Beleuchtungsapparaten dem Auge zu erschliessen. Zunächst waren es der Schlund und der Kehlkopf, welche durch geeignete Spiegelvorrichtungen sichtbar gemacht wurden. Wir werden über die betreffenden Apparate erst im folgenden Paragraphen das Einzelne angeben, da sie auf anderen Prinzipien beruhen, als die seither beschriebenen Instrumente. An die Untersuchung mit durchbohrten Spiegeln schliesst sich zunächst die Exploration der Harnröhre, der Blase und des Mastdarms an. Ein Pariser Arzt, A. J. Desormeaux, wies im Jahre 1865 in einer Broschüre, betitelt: »De l'Endoscope et de son application etc.«, zum ersten Male die Möglichkeit, genannte Organe dem Auge zugänglich zu machen, nach. Bei seinem Apparate wird die Lichtquelle nicht in gerader Richtung mit dem zu untersuchenden Objekt und dem beobachtenden Auge in Anwendung gebracht, sie befindet sich vielmehr, wie bei dem Otoskop, seitlich und wirft ihre Strahlen durch einen durchbohrten Spiegel, der sich in einem geschwärzten Cylinder befindet, auf das zu untersuchende Objekt. Figur 382 zeigt uns den von dem genannten Arzte konstruirten Apparat. Derselbe besteht aus einer kleinen, in eine Metallhülse eingeschlossenen hellbrennenden Lampe *a*, aus dem röhrenförmigen Okularstück *b* und aus einem geraden Ansatzrohr *c*. Das Okularstück enthält den durchbohrten silbernen Planspiegel, der in einem Winkel von 45 Grad geneigt ist und das von der

Lampe kommende, durch eine Linse konzentrirte Licht in das Ansatzrohr *c* reflektirt. Die Lampe ist an dem Okularstück seitlich in der Art drehbar befestigt, dass die Flamme stets der Mitte des durchbohrten Planspiegels gegenüber bleibt, selbst wenn man dem Okular eine andere Neigung giebt. Das Ansatzrohr wird mit seinem konisch erweiterten Ende an das Okular befestigt und stellt dessen Verlängerung dar. Nachdem man den Katheter, welcher bei *e* mit Fenster versehen und mit einem Glasplättchen verschlossen ist, in die Harnröhre und Blase geschoben hat, wird das Ansatzstück der Lampe bei *c* mit der Dille des Katheters in Verbindung gebracht und das Licht der Lampe *a*

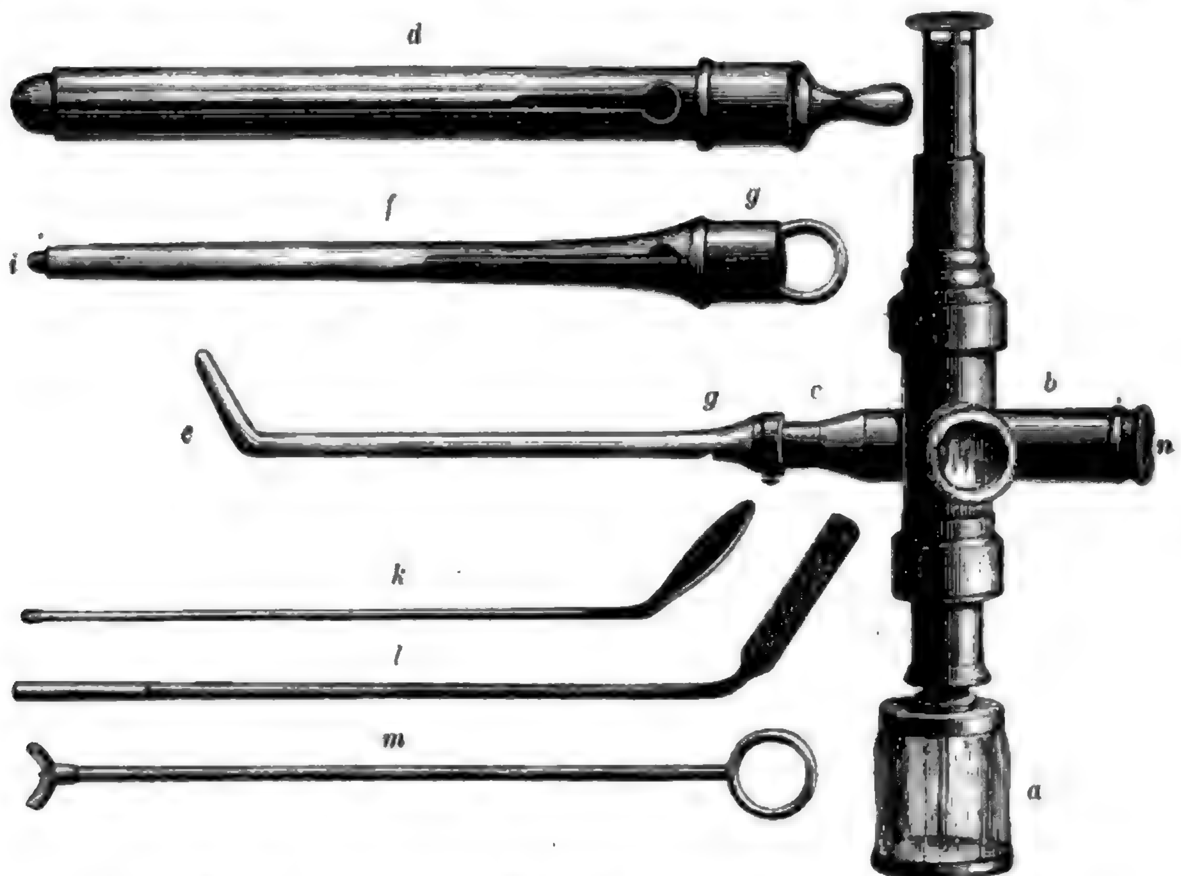



Fig. 382. Das Desormeaux'sche Endoskop mit den zugehörigen Nebenapparaten.

durch das Fensterchen *e* in die Blase gespiegelt. Der Beobachter blickt dann bei *n* in die beleuchtete Blase. Um einzelne Stellen der Harnröhre zu besehen, genügt ein gerades Rohr *f*, welches durch die Dille *g* mit der Lampe bei *c* in Verbindung gebracht wird. Um die ganze Harnröhre zu beschauen, wird das Rohr mit dem ganzen Apparat allmählich zurückgezogen und es erscheinen nach und nach einzelne Theile der Schleimhaut der Harnröhre vor der Oeffnung *i*. Ganz analog wird bei der Untersuchung des Mastdarms verfahren. Ein selbstverständlich viel dickeres Rohr von 3—5 Centimeter Durchmesser *d* wird in denselben geschoben und bei *g* mit der Lampe in Verbindung gesetzt.

Die Nebeninstrumente *k l m* können während der Beobachtung der betreffenden Organe durch einen an den Röhren angebrachten seitlichen Schlitz behufs der nöthigen Operationen eingeführt werden. Desormeaux benutzt zu seinen Untersuchungen einen Leuchtstoff, welcher aus einer Mischung von Terpentin und Alkohol besteht und ein ruhiges weisses Licht giebt. Der englische Arzt Cruise hat durch verschiedene Vorrichtungen das Desormeaux'sche Licht verbessert, indem er der Flamme mehr atmosphärische Luft zuleitete. Zu gleichen Zwecken hat Fürstenheim in Berlin etwas später, im Jahre 1870, eine Metall-Petroleumlampe mit Flachbrenner (Fig. 383) konstruirt. Die Flamme *f* ist so gestellt, dass der Strahlenkegel mit der schmalen Seite auf den im horizontalen Cylinder befindlichen Reflektor fällt. Des stärkeren Lichtes wegen wird dem Petroleum etwas Kampher beigemengt. Um die Metalllampe liegt eine Holzhülse *c*. Diese ist mit zwei Reihen von Oeffnungen versehen, durch welche Luft zu der Flamme gelangen kann. Die Lampe ist mit dem ganzen Apparate in der Hülse drehbar, ihr Glascylinder *d* ist von einem geschwärzten Metallcylinder umgeben, damit das Auge durch das direkte Licht nicht geblendet werde. Zur weiteren Verstärkung des Lichtes befindet sich am Seitenrohre *a* ein konkaver silberner Reflektor. Das Seitenrohr *e* wird mit den bei dem Desormeaux'schen Apparat geschilderten endoskopischen Röhren in Verbindung gebracht. An der Schraube *b* wird das Licht regulirt.

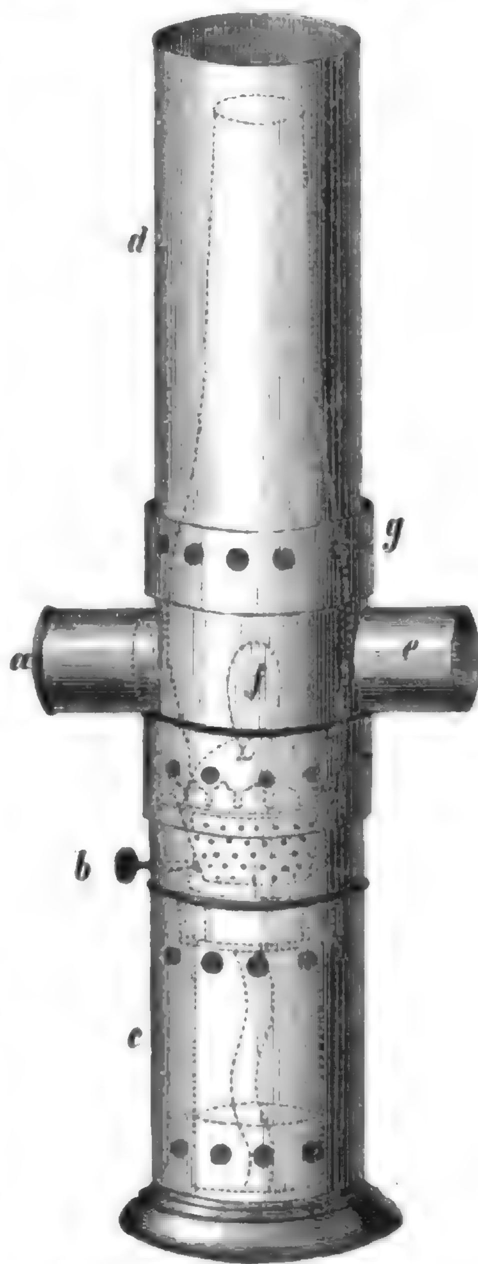


Fig. 383. Lampe zum Fürstenheim'schen Endoskop.

Die beiden erwähnten Apparate konnten sich keinen allgemeinen Eingang in die ärztliche Praxis verschaffen. Die Ursachen dieser Vernachlässigung entspringen aus der mangelhaften Technik der Apparate. Erstens ist die bisherige Handhabung der Instrumente wegen der Schwerfälligkeit der bezüglichen Beleuchtungsvorrichtungen eine unbequeme und kaum ohne Assistenten

auszuführen. Das vielpfündige an den Genitalien des Patienten hängende Labyrinth von Linsen, Spiegeln, Lampen und Röhren ist dem Kranken höchst lästig und durch das unvermeidliche Zerren an den Geschlechtstheilen schmerzhaft. Zweitens ist hinsichtlich der Lichtintensität sowol die Cruise-Desormeaux'sche Aetherlampe, als die Fürstenheim'sche Petroleumlampe für die deutliche Besichtigung der tieferen Theile der Urethra und Blase ungenügend, die Anwendung derselben überhaupt unbequem und sogar feuergefährlich.

In Anbetracht der ausgezeichneten Unterstützung, welche bei richtiger und leichter Anwendung der Apparat an und für sich gewährt, bemühte ich mich, durch folgende Konstruktion obige Misstände zu beseitigen.

Der erste Missstand, welcher gehoben werden musste, war die Schwere und Schwerfälligkeit des Instrumentes; die Ursache lag in der mit Oel gefüllten Lampe; diese musste entbehrlich gemacht werden. Ich suchte daher dieselbe durch eine Vorrichtung für Leuchtgas zu ersetzen, dessen Intensität für eine endoskopische Röhre von circa 6 bis 8 Centimeter Länge ausreicht.

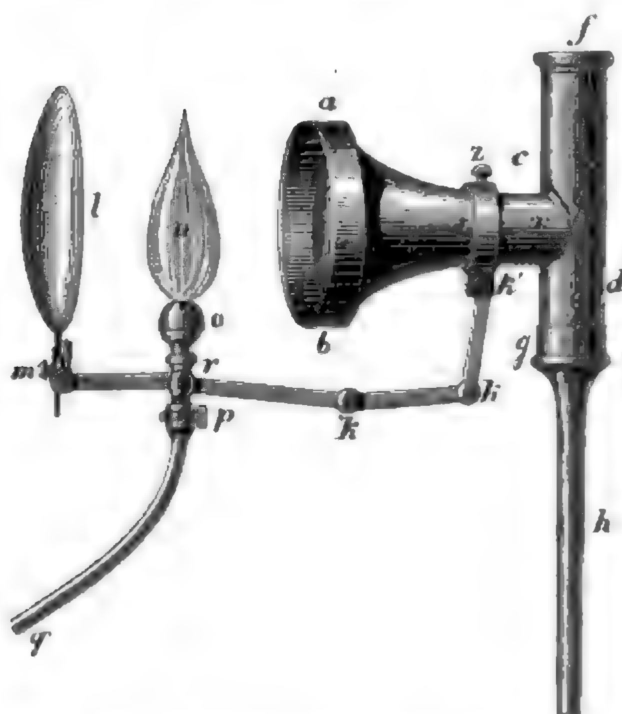


Fig. 384. Stein's Endoskop mit Gaseinrichtung.

In Figur 384 ist *a b c d* der Röhrenkomplex, welcher den von *n* kommenden Lichtstrahlen Eingang gewährt. Nach dem bekannten Prinzipe wirft der Spiegel *c d* die durch *a b* eindringenden Strahlen unter einem rechten Winkel in die endoskopische Röhre *h*, welche mit der Dille *g* an das Rohr *f c d* angesteckt ist. Der Einblick geschieht bei *f* durch das Bohrloch *e* des Metallspiegels *c d*. Um das konische Röhrenstück *a b c* ist ein Messingring *i* gelegt, welcher bei *z* aufzuschrauben und durch Aufklappen im Scharniere *k'* leicht abnehmbar ist. Dieser Ring dreht sich, ohne sich zu verschieben, mit Leichtigkeit um die konische Röhre *a b x*. Bei *k'* ist an dem Ringe *i* ein durch die Scharniere *k k* artikulirender Metallstab angebracht, welcher bei *r* den Gasbrenner *o*, bei *m* den reflektirenden Hohlspiegel *l* trägt; *p* zeigt den Gashahn an, zu dem ein leichtes Kautschukrohr *p q* das Gas leitet.

Um die Lichtintensität zu erhöhen, kann statt eines gewöhnlichen Brenners ein kleiner Argand'scher Brenner mit doppeltem Luftzuge und Glimmer-Cylinder aufgeschraubt werden. Da heutzutage in den meisten Städten, selbst in den kleineren, Gaseinrichtungen fast in jedem Hause sind und der erforderliche Gummischlauch mit jedem Gaslampenbrenner verbunden werden kann, so ist die Anwendung in der Praxis leicht durchzuführen. Ausserdem genügt zur Besichtigung der vorderen Hälfte der Harnröhre das Aufschrauben eines Tellerlichtes oder Ligroinegaslämpchens vollkommen.

Die leichte Handhabung dieses circa 180 Gramm wiegenden Apparates, der Vortheil, dass mein Endoskop sich bequem nach allen Richtungen bei *i* drehen lässt, während der Lichtpunkt *n* seine Stelle nicht verlässt, der kompendiöse Umfang des ganzen Instrumentes, welches an den durch *f, g, i, k, r, m* und *p* bezeichneten Stellen ohne Weiteres in 8 kleine Einzeltheile zum Zwecke leichter Transportabilität zerlegt werden kann, wird seine Anwendung in der ärztlichen Praxis zur Besichtigung der Harnröhre sehr erleichtern.

Was die Besichtigung der Harnblase betrifft, so leisten zur hinreichenden Beleuchtung derselben weder die gebräuchlichen Lampen von Desormeaux und Fürstenheim, noch die oben beschriebenen Vorrichtungen mittels Gas- und Ligroinelicht das Erforderliche. Zwar ist eine geringe Helligkeit bis in das Ende der endoskopischen Röhre zu bemerken, allein eine intensive Beleuchtung findet nicht statt.

Unsere Kliniker und Chirurgen haben deshalb meistentheils auf die Benutzung des Endoskops verzichtet; dasselbe wird fast nur noch als Kuriosum betrachtet. Dieses geschieht jedoch ohne hinlänglichen Grund, denn um die genügende Leuchtkraft zu erhalten, kann man die intensivsten Lichtquellen zur Anwendung bringen, wie elektrisches Licht, Drummond'sches Kalklicht, Sonnenlicht oder Magnesiumlicht. Allerdings macht die Umständlichkeit der Herstellung der beiden erstgenannten Lichtquellen die Anwendung derselben nicht rathsam.

Das mittels eines Reflexspiegels in die endoskopische Röhre geleitete Sonnenlicht bleibt das beste Beleuchtungsmittel. Man hat dazu nur nöthig, von meinem Endoskope Fig. 384 bei *r* den Brenner *o* und den Schlauch *q p* zu entfernen und mittels des Spiegels *l* ein Strahlenbündel durch das Rohr *b a* auf den durchbohrten Reflexspiegel *c d* zu werfen.

Die Leitung der Sonnenstrahlen wird durch einen den Spiegel *l* tragenden Stab *k k* unterstützt, welcher durch Kugelscharniere nach jedmöglicher Richtung gebogen werden kann.

Die Benutzung derselben aber wird häufig von Wolken gestört,

an trüben Tagen überhaupt unmöglich gemacht. Es bleibt uns demnach als einzige konstante, intensive und allen Anforderungen entsprechende Lichtquelle nur das Magnesiumlicht übrig. Ein brennendes Magnesium-Metallband von 2 Millimeter Breite entspricht der Leuchtkraft von 74 Stearinkerzen. Um das Licht eine Minute lang zu unterhalten, wird ein Drahtgewicht von $^1/_{10}$ Gramm verbraucht, dessen Beschaffung bei dem jetzigen ziemlich billigen Preise von 50 Pfennigen pro Gramm der Einführung zu ärztlichen Beleuchtungszwecken kein Hinderniss mehr abgeben wird. Um den Draht darzustellen, wird das Metall in einem erhitzten stählernen Stiefel, dessen Boden aus einer Platte mit Drahtziehlöchern besteht, unter einem sehr hohen Drucke durchgepresst (Vgl. S. 64).

Für die praktische Benutzung habe ich eine den brennenden Draht regulirende kleine neusilberne Lampe *A B* Fig. 385 konstruirt. Dieselbe besteht aus vier Theilen: *A* dem Rauchfange, *B* dem reflektirenden Hohlspiegel, *E* dem Lichthalter und *i z* dem Drahtanzünder. Die Vorrichtung ist bei *a b* mit dem Endoskope bei *w*, mit einem Uhrwerke *G* in Verbindung gebracht. Das in einer kleinen Blechkapsel befindliche Uhrwerk treibt zur Erhöhung der Leuchtkraft einen doppelten Magnesiumdraht *o o* durch das kleine Gummiwalzwerk *q r* in den Fokus des bei *w'* durchbohrten Hohlspiegels *l*. Die Metallröhre *w w'* giebt dem Magnesiumdrahte die Richtung nach *n*. Die im Handel zu findenden Spindeluhrwerke sind hier verwendbar. Der Motor des circa 18 Kubikcentimeter ausfüllenden Uhrwerkes besteht aus der in dem Federhaus *t* eingeschlossenen Feder, welche letztere bei *g* mittels Uhrschlüssels aufgezogen wird. Durch ein Triebrad wird das Walzwerk *q* in Bewegung gesetzt, das zur rascheren oder langsameren Gangart mit einem kleinen Windfang in Verbindung steht; das Walzwerk besteht aus zwei kleinen $^1/_2$ Centimeter breiten Gummicylindern, die auf die Triebstange des Zeigerwerkes der Uhr aufgesetzt werden. Je nach der beliebig zu regulirenden schiefen Stellung des Windfanges *v* kann die Geschwindigkeit des abbrennenden Drahtes vermehrt und verringert werden. Um das Uhrwerk sofort zum Stillstand zu bringen, mithin dem Vorrücken des brennenden Drahtes Einhalt zu thun, ist bei *p* ein in den Windfang durch gelinden Druck eingreifender Hemmer angebracht. Soll nun die Lampe in Gang gebracht werden, so wird der Zünder *i*, bestehend aus einer sehr kleinen brennenden Spirituslampe, bei *B* in den Lichthalter eingeschoben, der Hemmer *p* ausgelöst und sofort entzünden sich die Magnesiumdrähte, welche bei *n* mit einem höchst intensiven Lichte abbrennen, dessen Strahlen durch den Hohlspiegel *L* auf den Planspiegel *c d* und von hier aus in die endoskopische Röhre *k* geworfen werden.

Die Magnesiumdämpfe ziehen bei *A* ab, während die weisse Magnesiaasche an dem Boden des Lichthalters und nach Entfernung des Lämpchens *i* sich in der hohlen Handhabe *z* ansammelt; bei *y* sind noch einige Luftzuglöcher, sowie bei *m* ein Verbindungsstift zwischen dem Lichthalter und dem Hohlspiegel, welcher mit dem Uhrwerke central zusammengeschraubt ist und dadurch dem Ganzen einen festen Halt gewährt.

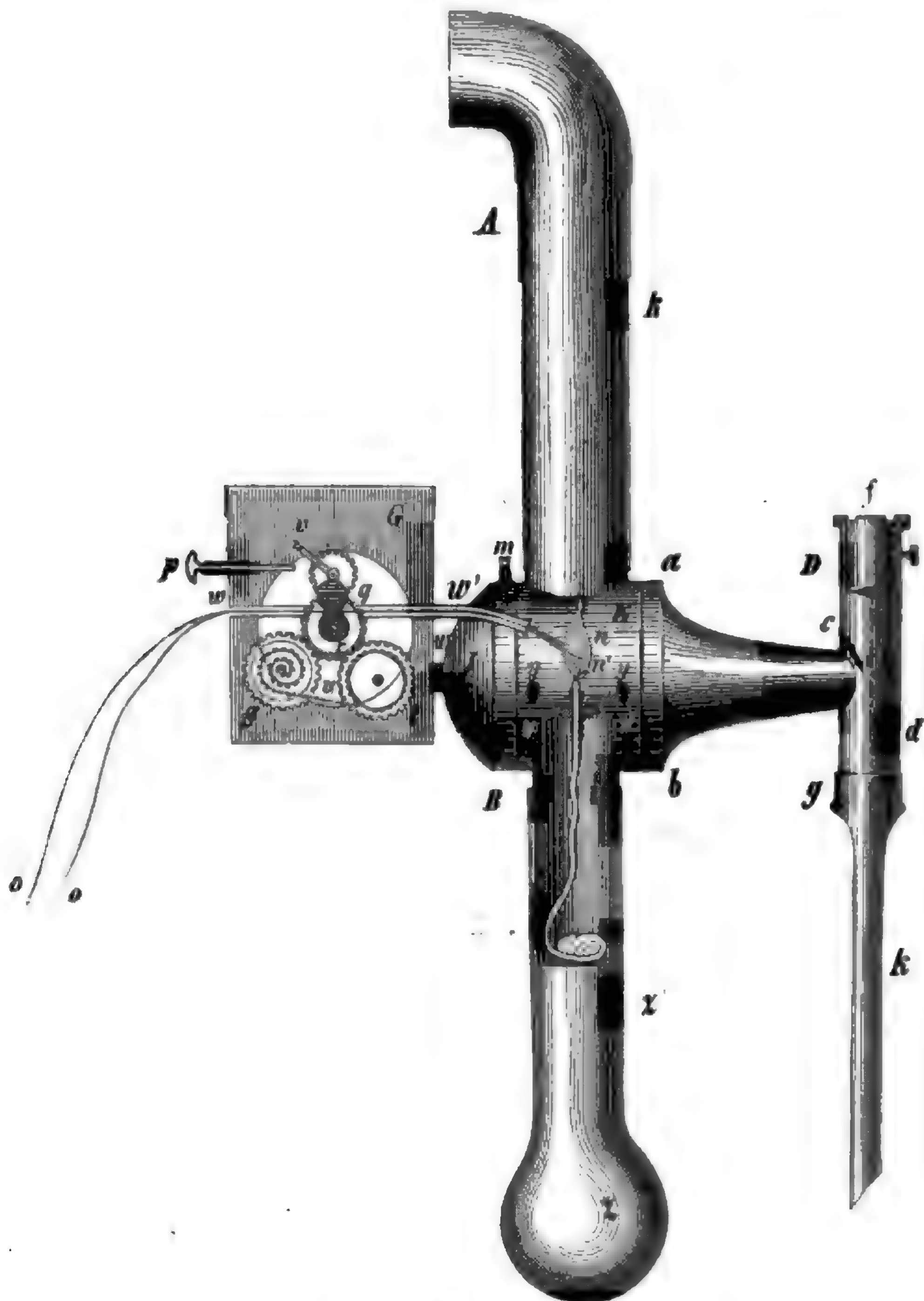



Fig. 385. Stein's Magnesium-Endoskop.

Diese ganze Vorrichtung ist sehr leicht in ihre Einzeltheile zu zerlegen, mithin sehr kompendiös, Uhrwerk, Lampe und Endoskop haben nur ein Gesammtgewicht von 395 Gramm. Unsere Abbildung, Fig. 385, zeigt den Apparat in $^1/_2$ natürlicher Grösse.

Was die Anwendung endoskopischer Röhren betrifft, so eignen sich zur Besichtigung der Blase, des Mastdarms und des Uterus solche am besten, die nach Desormeaux'schem Prinzip gefertigt sind (Fig. 386). Die Röhre *a* ist für die Blase bestimmt und bei *l* gefenstert, die Röhre *b* für die hinteren Theile der männlichen Harnröhre, die Röhre *d* stellt eine Untersuchungs-Hohlsonde dar, welche nach Art der Fargusson'schen

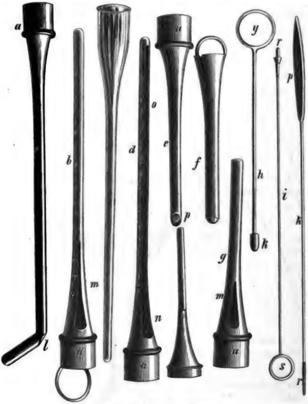



Fig. 386. Endoskopische Röhren.

Mastdarmspecula in einem Drittel ihres Umfanges der Länge nach geschlitzt ist, um einen längeren Theil der Urethra auf einmal übersehen zu können. Damit sich beim Einschieben der Sonde die Schleimhaut nicht in den Schlitz lege, wird derselbe durch einen entfernbaren Glasstab *m* (Fig. 386) oder eine Glasröhre, welche zugleich einen Einblick gestattet, nach innen gedeckt. — Die Sonde *d* wird mittels einer

Digitized by Google

Dille *a* an das Endoskop befestigt, während sie nach Art des Katheters bei *o* geschlossen und abgerundet ist. Diese Sonde hat vor den bisher in Gebrauch befindlichen den Vortheil eines verhältnissmässig grösseren länglichen Gesichtsfeldes, ein im Vergleich zu den erbsengrossen Harnröhrenbildern der seitherigen Instrumente unbestreitbarer Vorzug.

Die endoskopische Röhre *k* (Fig. 385) und die Röhre *f* (Fig. 386) dienen zur Besichtigung der weiblichen Blase. Die Röhre *f*, welche einen mit einem Knöpfchen versehenen Obturator enthält, wird zuerst in die Harnröhre und Blase hineingeschoben, dann der Obturator oder das Leitungsstäbchen entfernt und die bei *p* gefensterte endoskopische Röhre *e* durch die Röhre *f* hindurch an Stelle des Obturators in die weibliche Blase geschoben. Der Zweck dieser Doppelröhre ist die Verhütung von Beschmuzung des Fensters *p* durch Schleim nach Einführung in die Harnröhre; *y* stellt einen Obturator zu der bei *g* gezeichneten endoskopischen Röhre dar. Die Schlitzöffnungen bei *m* an den Röhren *g*, *b* und *d* dienen wie bei den Desormeaux'schen Röhren zur Einführung von Instrumenten in die Harnröhre, deren zwei bei *r i s* und *p k r* abgebildet sind. Bei dem Instrumente *s i r* wird in die Oese r ein Schwämmchen zur Tränkung mit ätzenden Flüssigkeiten festgeschraubt, während bei *r* in der Figur *p k r* sich eine rauhe Fläche zum Ankleben von Medikamenten, die in fester Form eingeführt werden sollen, befindet. Alle Röhren werden mit der Dille *a* an das Instrument Fig. 385, je nach Bedarf, angepasst.

Bei dem Gange der Untersuchung schiebe ich die endoskopischen Röhren, deren ich welche von 3, 5, 7, 9, 11 und 15 Centimeter Länge zur Besichtigung der verschiedenen Stellen von der Fossa navicularis bis zum Bulbus urethrae besitze, erst in die Harnröhre, nachdem ich dem Oberkörper des sitzenden Exploranden eine Neigung von circa 45 Grad nach hinten gegeben habe; hierauf stecke ich den Beleuchtungsapparat der Figuren 384 oder 385 an die Dille der Sonde an und richte mir das Instrument durch Einblick bei *f*. — Das Instrument Fig. 384 wird bei *x*, das Instrument Fig. 385 bei dem hölzernen Griffe *z* zur Hand genommen.

Wird der Hemmer des aufgezogenen Uhrwerkes (Fig. 385) *p* herausgezogen, so entzündet sich der fortrückende Draht bei *n*; im Momente des Wiederandrückens des Hemmers steht das Uhrwerk, und es verlischt der Draht. Durch diese Einrichtung wird viel Magnesiumdraht erspart und man hat bei der weiteren Untersuchung nur nöthig, den Hemmer bei *p* wieder auszulösen, damit der Draht sich von Neuem entzünde. — Alle an den bisherigen Instrumenten angebrachten Linsen-

kombinationen vertheuern nur das Instrument und sind bei dieser intensiven Lichtquelle durchaus überflüssig.

Sollte der Apparat nicht zu rascher Besichtigung, sondern zur Ermöglichung einer in dem betreffenden Organ auszuführenden Operation benutzt werden, so muss das brennende Lämpchen nach Entzündung des Drahtes herausgenommen werden, weil bei längerer Anwendung das Instrument durch die Spiritusflamme zu sehr erhitzt würde. Den Beleuchtungsapparat Fig. 385 kann man übrigens auch im Allgemeinen als Lampe benutzen und kann er überhaupt für die verschiedensten Bedürfnisse bei Anwendung von Spiegelapparaten gebraucht werden. Man hat alsdann nur nöthig, das konische Ansatzstück *a b c g* zu entfernen. Die ungemein hellen Strahlen des brennenden Magnesiumdrahtes *n*, welcher im Fokus des Hohlspiegels *l* abbrennt, werden als cylindrischer Kegel bei *a b* mit sehr bedeutender Lichtentwicklung herausgeworfen und können durch einen frei beweglichen Reflexspiegel mit Leichtigkeit nach den verschiedensten Richtungen geleitet werden. Auf diese Anwendung werden wir bei Betrachtung der Kehlkopfapparate wieder zurückkommen. Die Leuchtkraft des Magnesiumlichtes ist eine so intensive, dass wir dasselbe sogar zu photographischer Darstellung der Schleimhaut der Harnröhre, des Mastdarms und der weiblichen Genitalien benutzen können. Dagegen zur photographischen Abbildung der Schleimhaut der Blase ist selbst das Magnesiumlicht nicht ausreichend, da dasselbe bei der Länge der betreffenden endoskopischen Röhren seine chemische Wirksamkeit durch Abschwächung des Lichtes verliert. Wol aber ist die Harnröhre leicht stellenweise zu photographiren, wenn man an das Rohr *D* Fig. 387 ein kleines photographisches Objektiv nebst Camera und den von mir erfundenen Heliopiktor (siehe S. 143) anfügt. Es entstehen alsdann auf der matten Projektionsscheibe vergrösserte Bilder der Harnröhrenschleimhaut bis zu 1/2 Zoll Durchmesser, je nach der vergrössernden Kraft des Objektivs, welches mit der Camera obscura verbunden ist und der Thätigkeit des einblickenden Auges entspricht.

Figur 387 zeigt uns den photo-endoskopischen Apparat in ganzer Zusammenstellung. Die Buchstaben entsprechen denjenigen der Durchschnitts-Figur des Apparats (Fig. 385). Oberhalb des Okularrohres bei *f* befindet sich das Objektiv der kleinen Camera *F*, welches mittels eines Holzringes bei *D* angepasst ist; Camera und Objektiv entsprechen genau den bei dem photographischen Ohrenspiegelapparat erwähnten Zusammenstellungen und verweisen wir daher in Betreff derselben auf das oben Gesagte. Ist irgend eine Stelle der Harnröhre durch das Endoskop hell beleuchtet und hat man sich durch Einblick bei *D* von der genügenden Klarheit überzeugt, so setzt man den photographischen

Apparat auf und sucht alsdann auf der matten Scheibe der Camera *F* das Bild der Harnröhren-Schleimhaut möglichst scharf einzustellen.

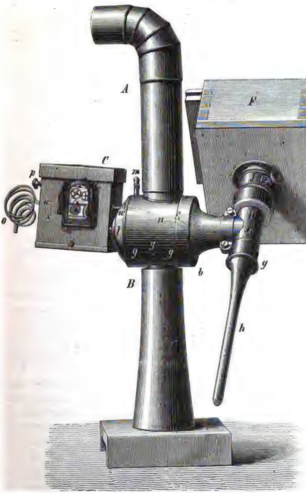



Fig. 387. Stein's photographisches Endoskop.

Nach der Einstellung verfährt man auf die allgemeine Art der Darstellung photographischer Bilder.

Digitized by Google

## 7. DER KEHLKOPFSPIEGEL UND DESSEN ANWENDUNG ZUR PHOTOGRAPHISCHEN DARSTELLUNG DES MENSCHLICHEN KEHLKOPFES.

### a. LARYNGOSKOPIE UND RHINOSKOPIE.

Der Grundsatz, den wir im Eingange unserer Darstellung aufgestellt haben, dass Alles, was das menschliche Auge zu erkennen im Stande sei, bei der geeigneten Beleuchtung auch der lichtempfindlichen photographischen Platte als ein bleibendes Bild zugeführt werden könne, bewahrheitet sich ganz besonders in Bezug auf die photographische Wiedergabe der inneren Kehlkopforgane des Menschen. Der Gedanke, mittels eines einfachen optischen Apparates einen Einblick in den Kehlkopf zu gewinnen, wurde zuerst im Jahre 1840 von dem englischen Arzte LISTON ausgesprochen. Er legte einen langgestielten vorher erwärmten kleinen Spiegel an den weichen Gaumen des zu Untersuchenden, um, durch Einwerfen des Lichtes von aussen, ein Spiegelbild des Kehlkopfes zu erzeugen. Die erste Verbesserung erhielt der Kehlkopfspiegel durch den Spanier MANUEL GARCIA; später im Jahre 1857 schenkten TÜRK und CZERMAK dem genannten Instrument ihre besondere Aufmerksamkeit, bis endlich der Letztere im Jahre 1858 den Kehlkopfspiegel in der ärztlichen Praxis zur Geltung und allgemeinen Anwendung gebracht hat.

Fig. 388. Verschiedene Formen des Kehlkopfspiegels.

Der Kehlkopfspiegel ist ein Planspiegel aus Glas oder Metall, von rundlicher oder quadratischer Form (Fig. 388); seine Dicke beträgt ungefähr $1\frac{1}{2}$ Millimeter, während sein Durchmesser zwischen 2 und 3 Centimeter variirt. Der an dem Spiegel angelöthete Stiel ist circa 9—12 Centimeter lang; er kann in einem als Handhabe dienenden Griffe hin- und hergeschoben und durch eine kleine Schraube befestigt werden (Fig. 390). Um ihm, je nach Bedarf, eine leichte Krümmung zu geben, wird er am zweckdienlichsten von biegsamem Metall angefertigt. Zur Beleuchtung kann Sonnenlicht, Magnesiumlicht sowie jede andere Lichtquelle angewendet werden. Ein in der Mitte durchbohrter Reflektor von der in den vorangegangenen Paragraphen bezeichneten Art dient zur Fortleitung und Konzentration der Lichtstrahlen. Derselbe wird, wie bei dem Augenspiegel, in passender Neigung vor das

Auge gebracht und entweder durch eine Stirnbinde am Kopfe des Beobachters fixirt, oder an ein besonderes Gestell befestigt. In den nebenstehenden Figuren sind einige Vorrichtungen abgebildet, welche sich in neuerer Zeit für die Beobachtung des Kehlkopfs besonders bewährt haben. Figur 389 zeigt die Lampe und den Reflektor von Levin und Figur 390 einen Beleuchtungsapparat von Waldenburg. Bei dem Levin'schen Apparate sind Lampe und Reflektor durch einen gegliederten Stab verbunden, während bei dem Apparate Waldenburg's der bewegliche Reflektor von der Lichtquelle getrennt ist. Da derselbe mit Leichtigkeit an jede Tischkante durch eine Klemmschraube befestigt werden kann und sehr bequem und praktisch zu handhaben ist, so bietet er gegenüber dem Levin'schen Apparate mannichfache Vortheile. In Figur 391 ist ein anderer Apparat, der Tobold'che, abgebildet, dessen Anwendungsweise während einer Untersuchung aus der Illustration ersichtlich ist.

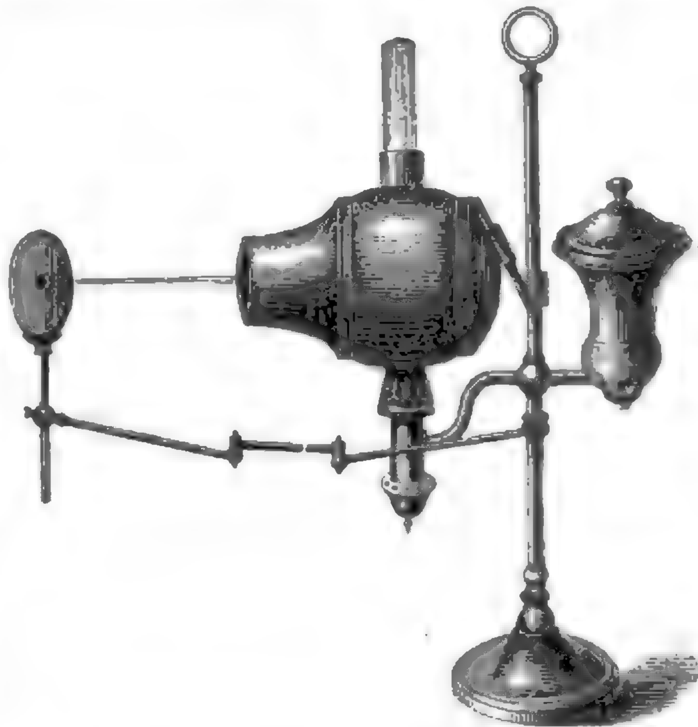


Fig. 389. Laryngoskopische Lampe (nach Levin).

Soll nämlich eine Beobachtung mit dem Kehlkopfspiegel vorgenommen werden, so hat sich der zu Beobachtende mit etwas vorgeneigtem Oberkörper, den Nacken leicht eingebogen, die Hände auf die Kniee gestützt, vor den Beobachter zu setzen. Sein Mund muss weit geöffnet sein und die Zunge entweder mit einem Zungenspatel nach unten gedrückt, oder mit einem Tuche festgehalten und herausgezogen werden. Der dem Patienten gegenübersitzende Beobachter wirft das Licht, welches von dem vor dem Auge befindlichen Reflektor aufgefangen wird auf den mit der rechten Hand eingeführten Kehlkopfspiegel, während die linke Hand entweder auf der Schulter

Fig. 390. Laryngoskop (nach Waldenburg).

des Beobachteten ruht oder den Kopf desselben fixirt. Damit der Kehlkopfspiegel sich nicht mit dem die Ausathmung des Patienten

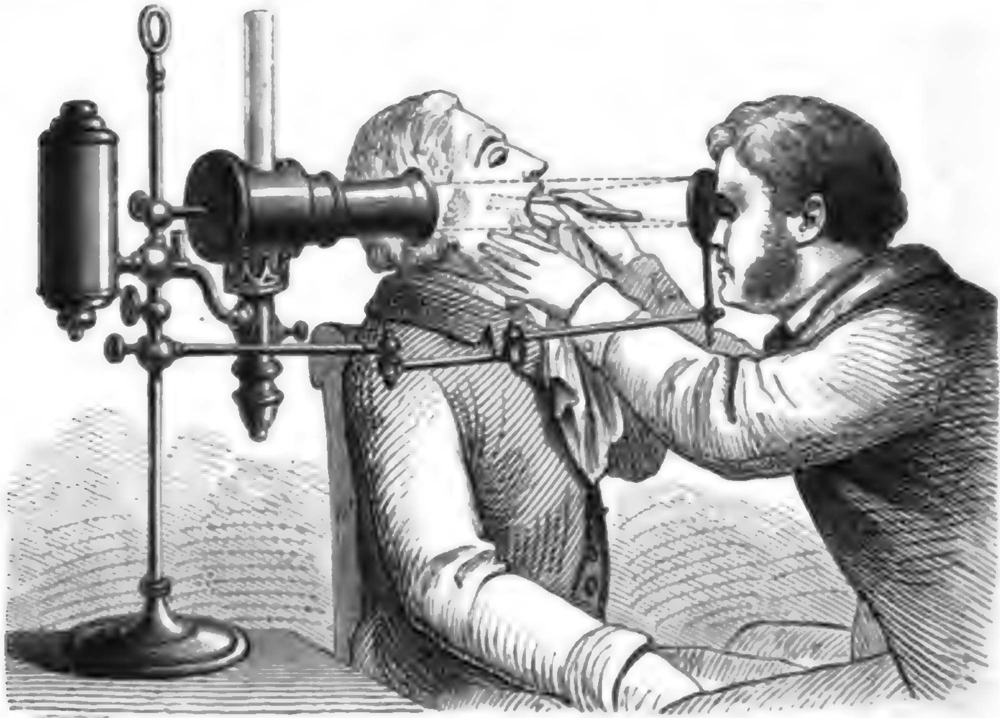


Fig. 391. Laryngoskopische Beleuchtungsmethode (Tobold).

begleitenden Dunste belege, muss derselbe vorher über einer Lampe erwärmt und seine Temperaturhöhe an der eigenen Hand geprüft werden.

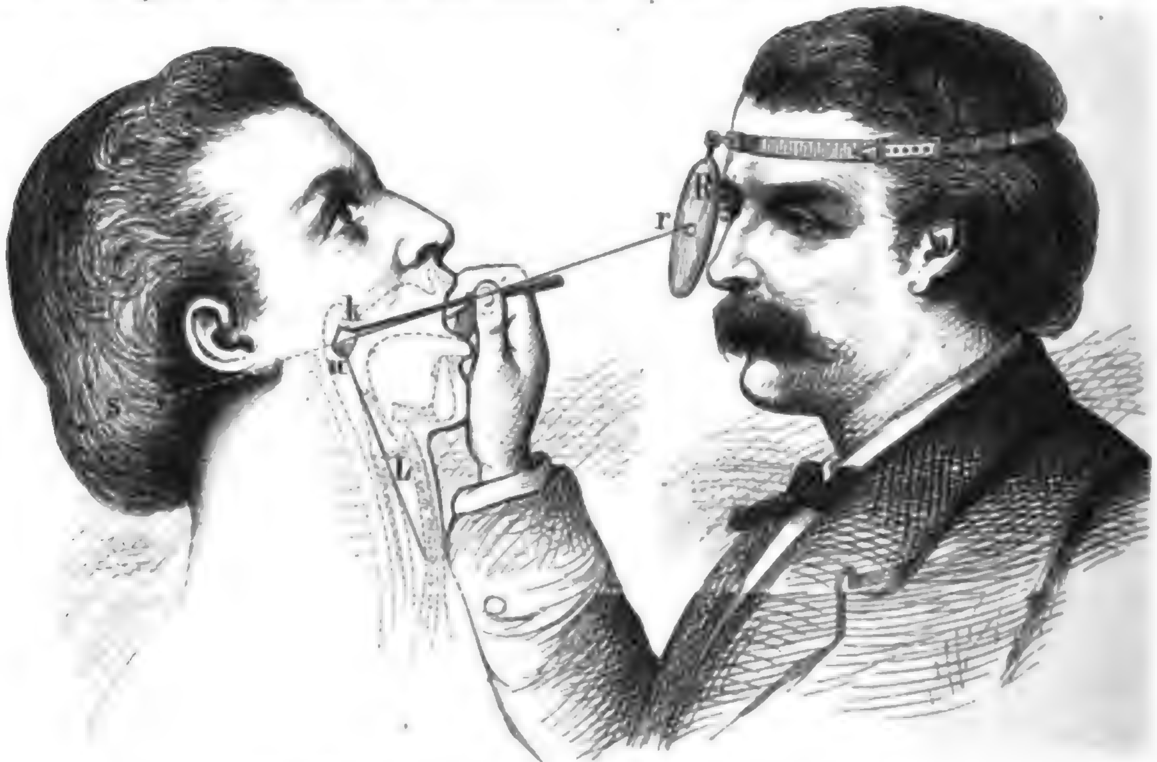



Fig. 392. Gang der Lichtstrahlen im Kehlkopfspiegel.

Ist Alles vorbereitet, so wird, während der Patient den Laut »*ä*« ausspricht, der erwärmte Spiegel in passender Neigung mit der Rückseite

an der Grenze des Rachens wider das Gaumensegel angelegt. Es werden sich in dieser Lage der Kehlkopf und unter Umständen noch tiefere Theile der Luftröhre im Kehlkopfspiegel abbilden, sodass sie mit Leichtigkeit beobachtet werden können. Der Gang der Lichtstrahlen ist aus Figur 392 ersichtlich. Das auf den Reflektor *R* fallende Licht wird auf den kleinen Spiegel *k u* geworfen, und von diesem in den Kehlkopf *L* gelenkt. Der beleuchtete Kehlkopf spiegelt sich naturgetreu ab, und wird, infolge der schiefen Stellung des Kehlkopfspiegels in der Verlängerung der Linie *r k* bei *s* wahrgenommen.

Ebenso wie durch den Kehlkopfspiegel ein Einblick in den Kehlkopf ermöglicht wird, können auch die hinteren Theile der Nase durch eine eigenthümliche Explorationsmethode dem Auge zugänglich gemacht

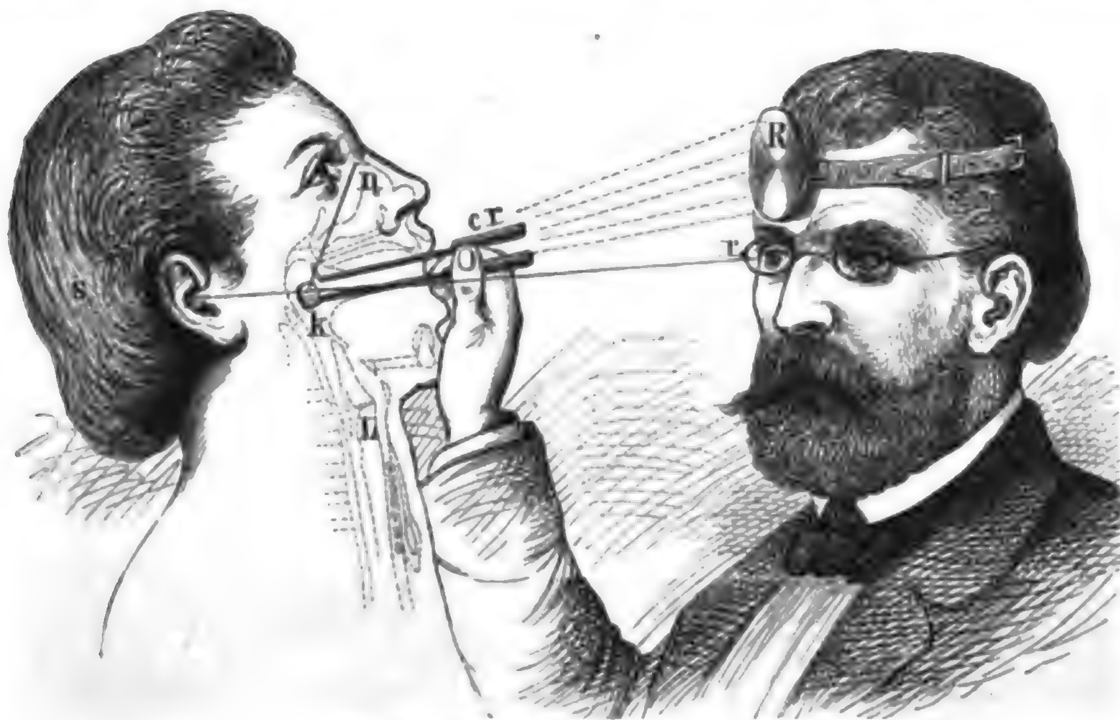



Fig. 393. Beleuchtung der Nasenhöhle.

werden. Zu diesem Behufe wird der weiche Gaumen und die Uvula — das sogenannte Zäpfchen — mit einem stumpfen Haken *c r* (Fig. 393) nach oben und etwas nach vorn gezogen und der Kehlkopfspiegel *k* in umgekehrter Lage, wie bei der Untersuchung des Kehlkopfs, in den Rachen eingeführt. Die in der Richtung von *k n* befindlichen Schleimhäute der Nase gelangen, wenn sie durch den Reflektor *R* genügend beleuchtet sind, in der Richtung *r k s* zur Beobachtung (Rhinoskopie).

#### b. AUTOLARYNGOSKOPIE.

Von ganz besonderem Werthe für die photographische Anwendung des Kehlkopfspiegels ist die von Czermak angegebene Selbstbeobachtung

des Kehlkopfs oder die Autolaryngoskopie (Fig. 394). Der Beobachter nimmt den Kehlkopfspiegel in die linke Hand und führt denselben nach der oben geschilderten Methode tief in seine Mundhöhle ein. Ein vor ihm stehender Planspiegel wird so gerichtet, dass die Mund- und Rachenhöhle des Experimentators mit dem angelegten Kehlkopfspiegel und dem in demselben befindlichen erleuchteten Bilde des Kehlkopfs sich so abspiegelt, dass sowol der an sich Operirende als auch ein Zweiter das Kehlkopfbild beobachten können.

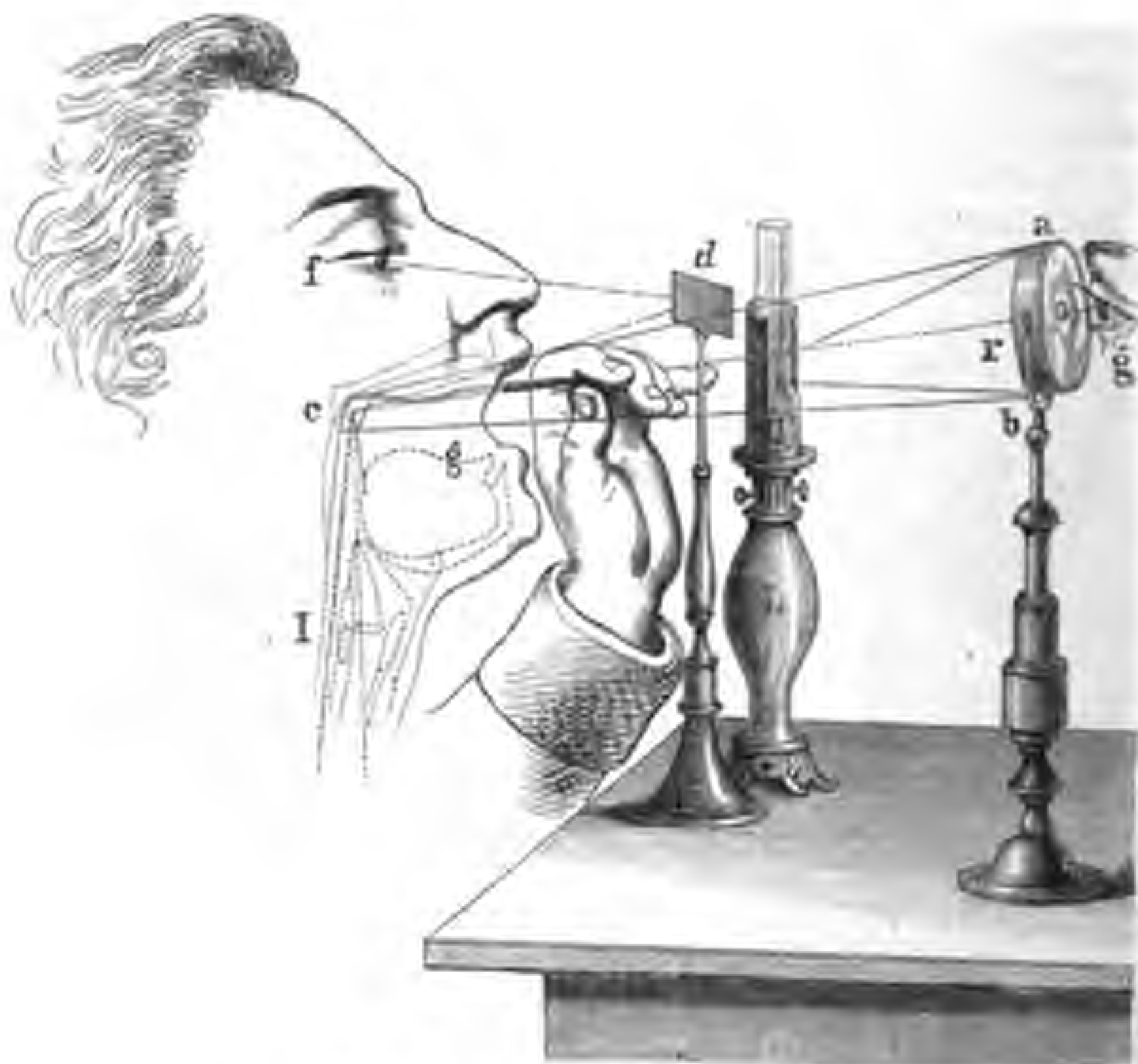



Fig. 394. Selbstbeobachtung im Kehlkopfspiegel.

In Figur 394 haben wir versucht, diese Manipulation zu veranschaulichen. Das Licht der Lampe *L* wird von dem Reflektor *a b* auf den Kehlkopfspiegel *c*, in welchem der Kehlkopf sich abspiegelt, geworfen, von *c* fällt das Kehlkopfbild in den Spiegel und wird sowol von dem Auge des Selbstbeobachters in der Richtung *f d*, als auch von dem zweiten Beobachter in der Richtung *r c* gesehen. Diese Methode hat den ersten Anlass zur Photographie des Kehlkopfes gegeben.

c. PHOTOGRAPHIE DES KEHLKOPFES.

Die Laryngoskopie und die Rhinoskopie wurden bald nach der Erfindung des Kehlkopfspiegels photographisch verwerthet. Auch hier war es Johann Czermak, damals in Prag, welcher im Jahre 1860 in der Sitzung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien die Möglichkeit, das Innere des Kehlkopfes bei dem Lebenden zu photographiren, nachwies. Czermak liess sich zu diesem Zwecke einen Kehlkopfspiegel von 38 Millimeter Durchmesser anfertigen und stellte damit im Verein mit dem Photographen Brandeis in Prag treue photographische Abbildungen des Kehlkopfs dar. Czermak brachte vorerst in der oben angedeuteten Weise der Selbstbeobachtung seinen Kehlkopf in dem Spiegel *d* (Fig. 394) zur Anschauung; er benutzte statt Lampenlichtes direktes Sonnenlicht. An der Stelle, wo sich in unserem Bilde das Auge *g* befindet, war eine photographische Camera angebracht und wie dort das Kehlkopfbild sich auf der Netzhaut des beobachtenden Auges *g* abbildete, wurde es hier auf der matten Scheibe der Camera aufgefangen.

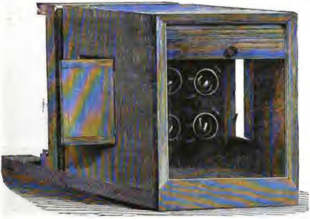


Fig. 395. Multiplikator mit mehreren Objektiven.

Die Photographie Figur 5, Tafel I, ist von einer Czermak'schen Originalplatte entnommen und stellt den eigenen Kehlkopf des verstorbenen Forschers dar, während er den schrillen Laut *i* in Falsett-Ton erschallen liess. Als laryngo-photographischen Apparat benutzte er eine Multiplikator-Camera mit vier Objektiven (Fig. 395), durch deren Stellung je zwei in einem Stereoskop einen plastischen Eindruck gewährende Bilder erzeugt wurden. Zwischen dem Aufsuchen und Einstellen des Bildes auf der matten Glastafel der Camera und dem Einschieben und

Digitized by Google

Exponiren der empfindlichen Platte darf kein Zeitverlust eintreten, während dessen das Bild wieder aus dem Fokus kommen könnte; deshalb brachte er in der Rückseite des Schiebers, welcher die präparirte Platte einschliesst, gerade an der Stelle, wo eines jener vier gleichzeitig entstehenden Bilder projizirt wird, eine kleine Oeffnung an, welche er mit einer matt geschliffenen Glastafel verschloss. Durch diese Einrichtung wird der Photograph in den Stand gesetzt, die richtige und scharfe Einstellung des Kehlkopfes an einem auf die matte Glastafel projizirten und durch die Oeffnung in der Wand des Schiebers fortwährend sichtbaren Bilde vorzunehmen. Die übrigen drei Objektive folgen von selbst und genau durch einen korrespondirenden Mechanismus der Einstellung am ersten Objektive. Während demnach an dem einen Objektive eingestellt und diese Einstellung fortwährend kontrolirt wird, befinden sich schon hinter den drei anderen Objektiven die präparirten Platten, welche im geeigneten Momente durch plötzliche Oeffnung der drei Objektive ihren Lichteindruck empfangen. In dem günstigsten Augenblick werden alsdann durch eine nur einmalige photographische Moment-Aufnahme drei vollkommen gleiche Bilder des Kehlkopfes erhalten. Selbstverständlich müssen die in einem derartigen Multiplikator angebrachten vier Objektive konstante parallaktische Differenzen haben, d. h. sie müssen zu obigem Zwecke alle vier nach einem etwa 62 Centimeter entfernten Punkt gerichtet sein.

Bei unserem eigenen Apparate (Fig. 396) ist über der Camera bei *c* ein Reflektor angebracht. Derselbe ist mit einem Kugelgelenk versehen, um mit Leichtigkeit dem Stande der Sonne gemäss verschoben zu werden. Zwischen dem zu Photographirenden und der Camera ist ein an ein Stativ befestigter Planspiegel angebracht, welcher, durch ein Kugelscharnier mit dem Stativ verbunden, dem Spiegel *d* Fig. 394 entspricht; in ihm soll der Betreffende sein Kehlkopfbild selbst erkennen, denn nur in diesem Falle ist eine photographische Einstellung denkbar. Soll der Kehlkopf solcher Personen, die mit dem Apparat nicht selbst umzugehen im Stande sind, photographirt werden, so sind diese vor der Aufnahme für die laryngoskopische Untersuchung einzuüben, damit sie den Reiz des Spiegels im Schlunde ungehindert vertragen, und das Bild selbst beobachten lernen.

Was die Lichtquelle betrifft, so kann es sich auch hier nur um Anwendung direkten Sonnenlichtes handeln, da nur durch ein Momentbild die Photographie des Kehlkopfes ermöglicht wird. Die Aufgabe des Operateurs besteht darin, den richtigen Moment des Zusammentreffens von Einstellung des Kehlkopfspiegels und Aufnahme des Bildes wahrzunehmen.

Statt des üblichen Deckels ist an dem betreffenden Objektiv ein Momentverschluss von gelbem Glase (vgl. S. 37) angebracht, welcher durch einen Faden mit einem am Fusse des zu Photographirenden angebrachten Trittbrete artikulirt. Während derjenige, dessen Kehlkopf photographirt werden soll, in dem Spiegel *c* sein Kehlkopfspiegelbild hell beleuchtet sieht, stellt ein zweiter direkt auf der präparirten, zwischen zwei gelben durchsichtigen Scheiben befindlichen Platte (vgl. den Heliopiktor S. 143) scharf ein. Sobald der photographirende Experimentator durch ein Zeichen seinem Kollegen den Moment richtiger Einstellung bekannt gemacht hat, öffnet der Letztere — falls auch er in dem betreffenden Momente sein Kehlkopfbild im Spiegel *c* sieht — durch eine Bewegung seines Fusses gegen das Trittbret den Momentverschluss und die Aufnahme ist in kaum einer Fünftelsekunde vollendet.

Fig. 396. Stein's photolaryngoskopische Methode.

Figur 396, nach der Natur aufgenommen und in Holzschnitt ausgeführt, giebt uns ein Bild der Manipulationen bei der photographischen Aufnahme des Kehlkopfes; *a s* ist der Kehlkopfspiegel, welchen ein mit diesem Instrumente wohl vertrauter Beobachter sich eingeführt hat; *b* ein zum Herabdrücken der Zunge konstruirter Zungenhalter; *c* der Spiegel, in welchem der Betreffende seinen Kehlkopf selbst beschaut und die Lage des Kehlkopfspiegels *s* kontrolirt. Der Spiegel *c* ist mit der

benachbarten Stange durch ein Kugelscharnier verbunden; der eine Operateur ist gerade mit dem Richten des Spiegels *c* beschäftigt; *d* ist der Stift, welcher den hinter dem Objektive angebrachten Momentanverschluss in Spannung hält und welcher auf die leiseste Berührung entspannt wird; *e* die Einstellschraube des Objektivs; *k* eine heliopiktorische Kassette mit dem Füllungsröhrchen *i*, durch welches die lichtempfindlichen Chemikalien eingegossen werden, und *f* der Schieber dieser Kassette. *A* ist die Blasbalgcamera, *B* das Objektiv und *C* der Reflektor, welcher das Sonnenlicht auf den von der gegenübersitzenden Person benutzten Kehlkopfspiegel zu werfen bestimmt ist.

Man kann bei dieser Methode statt einer einfachen Camera auch eine Multiplikatorcamera, wie solche in Fig. 395 abgebildet ist, verwenden, wenn man den Reflektor (*C* Fig. 397) in der Mitte zwischen den beiden oberen Objektiven anbringt.

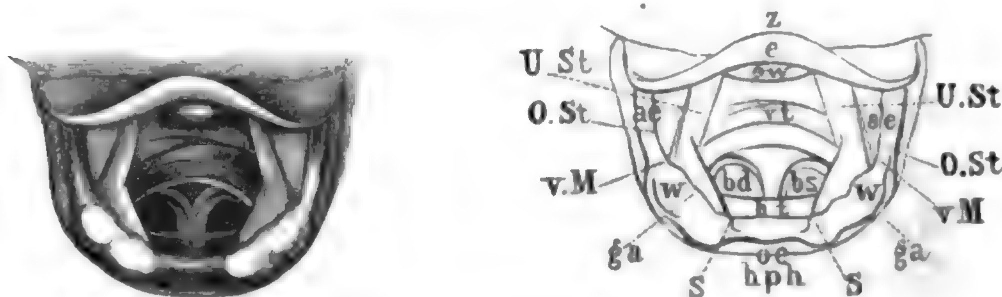



Fig. 397. Kehlkopfspiegelbild bei tiefer Inspiration.

Fig. 398. Kehlkopfspiegelbild bei dem Erschallen eines sehr hohen Tones.

Erklärung der Buchstaben zu obigen zwei Figuren: *Z* Zungengrund; *e* Epiglottis; *ew* Epiglottiswulst; *O St* obere falsche Stimmbänder; *ae* Ligamenta ary-epiglottica; *v M* ventriculi Morgagni; *U St* untere wahre Stimmbänder; *S* Capitula Santorini; *vt* vordere Luftröhrenwand; *ht* hintere Innenwand des Kehlkopfs; *bd* rechte Luftröhrenabzweigung; *bs* linke Luftröhrenabzweigung.

Unsere Abbildungen des Kehlkopfes, Figg. 397 und 398, zeigen zwei extreme Stellungen der Stimmbänder, welche von Czermak mit Zugrundelegung von Photographien gezeichnet sind. Dass die Zeichnungen sehr wenig von den Photographien abweichen, erhellt aus einem Vergleich mit unserem photographischen Originalbilde (Tafel I, Fig. 5). Während Figur 397 bei tiefer ruhiger Inspiration, durch das rautenförmige Auseinandertreten der Stimmbänder einen Einblick in die Luftröhre bis in den rechten und linken Bronchialast verstattet,

zeigt uns Figur 398 die inneren Theile des Kehlkopfes, während ein sehr hoher schriller Ton erschallt, wie solcher nur mit der grössten Anstrengung hervorgebracht werden kann.

### 8. PHOTOGRAPHIE UND ANTHROPOLOGIE.

Die anthropologischen Forschungen sind in der Gegenwart durch die vielseitige Anerkennung der DARWIN'schen Theorie zu einer besonders hervorragenden Stellung gelangt; durch zahlreiche mit belehrenden Abbildungen ausgestattete wissenschaftlich populäre Spezialwerke ist die Urgeschichte der Menschheit in der That ein Gemeingut der Gebildeten im Volke geworden. Die Gesetze von der Entwicklung der einfachsten Organismen und deren Umbildung und Ausbildung zu immer kombinirteren Komplexen, die Lehre von dem Ursprunge und der Variabilität der Arten, die Behauptungen über Vererbung und Anpassung, bedürfen zum Nachweise der Wahrheit in erster Linie der minutiösesten Genauigkeit in den Abbildungen. Zur Erzielung der nothwendigen Exaktität reicht aber die Hand eines Zeichners, und wenn es die Hand des Forschers selbst wäre, in den meisten Fällen nicht aus. Auch wenn dessen Kunst genügte, wird er dem Vorwurfe von Seiten der Gegner selten entgehen können, subjektive Anschauungen in das Bild, wie es ihm gerade zum Beweise einer Thatsache nöthig erschien, hinein gebracht zu haben. Das verflossene Jahr hat uns in dem traurigen Streite zweier unserer bedeutendsten Forscher auf dem oben erwähnten Gebiete — WILHELM HIS und ERNST HAECKEL — für die Richtigkeit unserer Behauptung einen Anhaltspunkt gegeben. Streitigkeiten in Betreff der Treue einer Abbildung werden durch kein Mittel rascher beseitigt und überhaupt verhütet, als durch die Einführung der Photographie. Keine andere Methode der Darstellung ist gerade für anthropologische und entwicklungsgeschichtliche Studien in so hohem Grade geeignet; denn wo bei dem abzubildenden Objekte in erster Linie eine vergleichende Anschauung massgebend ist, wo es sich um Darstellung von Bildmerkmalen handelt, welche im Momente entstehen und vergehen, wo nicht nur die räumlichen, sondern auch die zeitlichen Verschiedenheiten der Entwicklungsperioden wiedergegeben werden sollen, da kann nur eine momentane, eine ebenso rasche als naturgetreue Abbildungsweise zu Recht bestehen, und diese besitzen wir in vollkommenster Weise in der genannten Kunst.

Wir haben zur photographischen Darstellung anthropologischer und anthropogenischer Präparate keine besondere Methode nöthig. Vergrösserte Abbildungen, welche einzelne Phasen der Entwicklungsgeschichte nachweisen, werden nach dem Verfahren, wie wir solches in unserem

Abschnitte über die mikroskopische Forschung (Kap. IX) niedergelegt haben, ausgeführt. Die Varietäten der Schädelbildungen (vergl. Tafel I Fig. 4 und 6), die Belege zur Urgeschichte der Menschheit (vergl. Taf. I Fig. 7 und 9), die Differenzen der Rassen in Körperform und Gesichtsausdruck, können durch die einfachsten photographischen Aufnahmen (Kap. IV) im Bilde erhalten werden. Besonders im Interesse zukünftiger Forschungen bietet uns die Photographie manchen Anhaltspunkt zu Vergleichungsstudien, welche in erster Linie der Lehre von der Vererbung physischer und geistiger Eigenschaften, insofern letztere im Gesichte ihren Ausdruck finden, zugute kommen.

Darwin's interessantes Werk über den Ausdruck der Gemüthsbewegungen bei Menschen und Thieren (Expression of emotions in Man and Animal) giebt uns durch die dem Werke beigefügte reiche Auswahl von Photographien den besten Beweis und Anhaltspunkt für die Verwerthung unserer Kunst. Darwin betont besonders, dass er für seine Studien von den Werken der grössten Meister der Malerei und Bildhauerkunst, trotzdem dieselben sehr eingehende Beobachter seien, mit wenigen Ausnahmen keinen Vortheil erlangt habe. Der Grund hiervon sei ohne Zweifel der, dass bei Werken der Kunst die Schönheit das hauptsächliche, oberste Ziel sei, und weil die Begebenheit, um die es sich gerade handle, meistens durch geschickt angebrachte Nebendinge zur Darstellung und zum Ausdrucke gebracht werde. Das Studium des wahren Ausdrucks der Physiognomien sei eben das Schwierige, da die Bewegungen häufig erst unbedeutend und von einer zu schnell vorübergehenden Wirkung seien. »Es mag schon eine Verschiedenheit wahrgenommen werden«, sagt Darwin, »und doch kann es, wie ich wenigstens gefunden habe, unmöglich sein, anzugeben, worin die Verschiedenheit besteht. Wenn wir Zeuge irgend einer tiefen Erregung sind, so wird unser Mitgefühl so stark angegriffen, dass eine sorgfältige Beobachtung vergessen oder fast unmöglich wird. Unsere Einbildung ist eine andere und noch bedenklichere Quelle des Irrthums; denn wenn wir nach der Natur der Umstände irgend einen Ausdruck zu sehen erwarten, so bilden wir uns leicht seine Anwesenheit ein«. Darwin fand in der Anwendung der Photographie auf physiognomische Studien das beste Hülfsmittel, die subjektiven Täuschungen des Urtheils zu beseitigen.

Ebenso hat Duchenne in Frankreich schon in früheren Jahren (1860 bis 1862) die Photographie zur Darstellung des Einflusses elektrischer Reize auf das menschliche Antlitz benutzt. Darwin sagt über dessen photographische Resultate: »Als ich das erste Mal Dr. Duchenne's Photographien durchsah und gleichzeitig den dazu gehörigen Text las, wobei ich erfuhr, was darzustellen beabsichtigt worden war, wurde ich von

der Wahrhaftigkeit aller, mit nur wenigen Ausnahmen, mit Bewunderung erfüllt.«

In den jüngsten Jahren hat ein deutscher Gelehrter, der Arzt Dr. H. Oidtmann, zur Ansammlung genealogisch-photographischer Stammtafeln die Lichtbildkunst in Vorschlag gebracht. Derselbe arbeitet seit längerer Zeit an einem umfangreichen Sammelwerke zur Vererbungskunde mit Hülfe genealogischer Zusammenstellungen von Portraits blutsverwandter Menschen. Dieses photographische Werk soll eine statistische Urkundengrundlage zu dem bis jetzt erst in seiner Entwicklung begriffenen Studium der menschlichen Vererbungs- und Zuchtwahlgesetze abgeben. Von der Thatsache ausgehend, dass die Formenvererbung und Rassezüchtung bei Thieren längst erkannt und zur künstlichen Zuchtwahl ausgenutzt wurde, bestrebt sich Oidtmann auch für den Menschen ein Vererbungsgesetz herzuleiten; da aber die Kürze des Lebens jenen Ueberblick über mehrere menschliche Generationen nicht gestattet, soll die Photographie eintreten, um die wandelbaren Physiognomien der Generationen zu fixiren, und dadurch für die Anthropologie ein exaktes Material zu psychologischen Studien anzusammeln.

Bei der umfassenden Ausdehnung des empirischen Forschungsmaterials auf dem genannten Gebiete muss neben der Vervollkommnung der übrigen technischen Untersuchungsmethoden, auch die Einführung der Photographie endlich die verdiente Berücksichtigung finden. Wenn Haeckel in seiner Schrift: »Ziele und Wege der heutigen Entwicklungsgeschichte« die genaueste und gründlichste Erforschung der Thatsachen-Komplexe als das nächste Ziel der Forschung hinstellt, wenn er sagt, dass es gilt, jede einzelne — und auch die scheinbar unbedeutendste — Formerscheinung möglichst scharf zu beobachten, möglichst allseitig zu untersuchen, durch möglichst genaue und naturgetreue Abbildungen wiederzugeben, dass ferner diese möglichst-exakte Beobachtung und Darstellung ebenso auf die Entwicklung der Gewebe, wie auf diejenige der Organe in ununterbrochenem Zusammenhange sich erstrecken muss, so behaupten wir, dass die Erreichung dieses Zieles, selbst bei den ehrlichsten Absichten einer streng wahrheitsliebenden Forschung, ohne Hinzuziehung der Photographie unmöglich ist. Wenn die Resultate der modernen Anthropologie unanfechtbar sein sollen, dann muss erst das genannte Abbildungsverfahren eine integrirende Hülfswissenschaft für alle Zweige der vergleichenden Naturbetrachtung geworden sein.

---

# ELFTES KAPITEL.

## PHOTOGRAMMETRIE UND MILITAER-PHOTOGRAPHIE.

### 1. DIE PHOTOGRAMMETRIE.

Während es die Aufgabe des geometrischen Zeichnens oder der sogenannten Parallelprojektion ist, die Theile eines Gegenstandes im Grundriss und Aufriss so abzubilden, wie sie sich wirklich verhalten, also entweder in ihrer wirklichen Grösse, oder in den genauen der Natur proportionalen Reduktionen, beschäftigt sich die Centralprojektion, auf welche sich die Photogrammetrie stützt, den Grundsätzen der Optik gemäss damit, die Gegenstände so abzubilden, wie sie in der perspektivischen Verkürzung, dem Bau unseres Auges gemäss, sich darbieten. Eine solche perspektivische Zeichnung entspricht dem auf der Netzhaut unseres Auges entstehenden Bilde und weicht von der wahren Gestalt des Gegenstandes merklich ab, indem die parallelen Linien in der Zeichnung nach bestimmten Gesetzen verschoben erscheinen und die vorstehenden Theile eines Gebäudes bei der Betrachtung die weiter zurückliegenden verdecken. Um ein richtiges perspektivisches Bild auf einer Fläche zu entwerfen, bezeichnet man das den betreffenden Gegenstand betrachtende Auge durch einen Punkt, von welchem aus nach allen Theilen der Oberfläche jenes perspektivisch darzustellenden Körpers Richtungslinien (Sehstrahlen) gezogen werden, die sowol mit einander als mit den Flächen und Linien des betrachteten Gegenstandes bestimmte Winkel bilden (Sehwinkel). Denken wir uns nun diese von einem bestimmten Körper nach dem Auge gehenden Sehstrahlen in der Natur gezogen und lassen sie einige Fuss vom Auge entfernt von einer Glasscheibe durchschnitten werden, so entsteht auf der Glasplatte, je nach Zahl der angenommenen Sehlinien, eine Anzahl von Durchschnittspunkten. Werden diese nach Massgabe des Gegenstandes mit einander verbunden, so entsteht ein perspektivisches Bild auf der Glasplatte. Hierbei begehen wir allerdings einen optischen Fehler, indem analog dem Bau unseres Auges, dessen Hintergrund kugelförmig ist, auch die

Bildfläche, auf welche projizirt wird, keine Ebene, sondern ein Stück der Oberfläche einer Kugel sein müsste, deren Mittelpunkt im Mittelpunkte des Auges zu liegen hätte; denn nur auf diesem Wege wären alle diejenigen Körper, Flächen und Linien, die in der Natur gleiche Entfernungen vom Auge, mithin auch in diesem gleiche Grösse haben, entsprechend gleich gross zu zeichnen. Doch hat das Perspektivzeichnen auf eine hohle Kugelfläche meistentheils mit unüberwindlichen Schwierigkeiten in der Ausführung zu kämpfen, wesshalb man lieber die sich im Grund- und Aufriss als Segmentbogen projizirende Kugelfläche, sammt dem darauf befindlichen Bilde, auf eine Ebene rektifizirt. Zudem ist, wenn es sich um grössere Entfernungen handelt, der Differenzfehler zwischen einer angewandten Kugelfläche und einer ebenen Fläche ein so

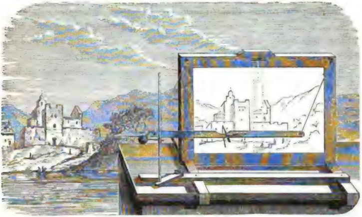


Fig. 399. Glasplatte zur perspektivischen Aufnahme von Landschaften.

minimaler, dass er ausser Betracht gelassen werden kann. In Fig. 399 geben wir eine Veranschaulichung der bei dem direkten Projiziren auf Glasplatten erforderlichen Manipulationen. Der Zeichner betrachtet die Landschaft durch eine kleine Oeffnung des mit der Zeichenfläche verbundenen Visirs. Ein storchschnabelartiger Träger des Bleistifts dient dazu, die Umrisse der Landschaft auf die etwas mattgeschliffene Glasfläche zu entwerfen, indem der an dem einen Ende des Rahmens befestigte Zeiger, welcher dicht hinter dem kleinen Visir angebracht ist, schrittweise in der Richtung der Sehstrahlen von dem Auge des Beschauers aus die Umrisse der Landschaft beschreibt. Setzen wir an Stelle des Augenpunktes eine Camera obscura, so wird sich auf der matten Scheibe derselben sofort ein genaues Perspektivbild der

Digitized by Google

betrachteten Gegenstände in seiner Totalität ergeben. Die senkrecht gegen unser Auge gerichteten Flächen erhalten auch auf dem Bilde fast vollständig ihre wirkliche Lage, während alle geneigten Flächen in bedeutender Weise verkürzt und als verschobene Flächenbilder erscheinen, deren in der Natur parallele Horizontallinien sich im Bilde sämmtlich in je einem Punkte, dem Verschwindungspunkte, schneiden. Verbindet man nun zwei solcher Verschwindungspunkte mit einander, so erhält man eine Linie, welche man die Horizontlinie nennt. Denjenigen Punkt, von welchem aus man das perspektivische Bild als gesehen annimmt, nennt man den Augenpunkt. Derselbe entspricht bei jeder Photographie dem optischen Mittelpunkte des Objektivs. Ebenso wie man aus einer richtigen perspektivischen Zeichnung und ihren sich schneidenden Kantenlinien mit Zuhülfenahme der Verschwindungspunkte und des Augenpunktes den Grundriss und Aufriss eines Gebäudes konstruiren kann, lassen sich aus einer jeden richtig aufgenommenen Photographie ohne weitere Kenntniss der Dimensionen des betreffenden Gebäudes die äusseren Umrisse des Grund- und Höhenplanes entwickeln.

Unsere Tafel XI zeigt, wie aus der Photographie einer Strassenanlage Situation, Grundriss und Aufriss nach den äusseren Umrissen der anliegenden Gebäude konstruirt werden. Durch Verlängerung der perspektivischen Parallellinien der beiden Gebäudeseiten bis zu ihrem Durchschnittspunkte bestimmt man zunächst die Verschwindungspunkte *V V*, verbindet solche geradlinig, wodurch die Horizontlinie entsteht. Aus der Lage dieser Linie zum Strassenboden ergiebt sich, in welcher Höhe zur Zeit der Aufnahme das photographische Objektiv sich befunden haben muss. Da das Objektiv senkrecht auf die Bildebene gerichtet ist, so liegt die Projektion des Linsenbrennpunktes in deren Halbirungslinie und zugleich in der gefundenen Horizontlinie, in unserer Figur im Punkte *S*. Zieht man durch diesen Punkt rechtwinkelig eine Linie zur Horizontlinie, trägt von *S* aus die Entfernung der Bildebene vom Linsenbrennpunkte (welche auch durch Messung des Sehwinkels der Linse und mit Hülfe der gegebenen Basis zu finden ist) auf, so giebt der Endpunkt in unserer Figur *A* zugleich den Standpunkt des Objektivs in der Natur an. Wählt man als Masstab der gewünschten Zeichnung beispielsweise denjenigen, in welchem die vordere Gebäudeecke erscheint, behält den Endpunkt *B* als gegeben bei und will die zwei anderen sichtbaren Ecken in gleichem Niveau ihrer Lage nach im Grundriss bestimmen, so hat man folgenden Weg einzuschlagen.

Man zieht von *S* aus durch die Endpunkte des Gebäudes Linien und verlängert solche, bis sie eine durch *B* gehende, der Horizontlinie parallele Linie in den Punkten *E* und *H* schneiden. Zieht man dann

durch dieselben zwei Parallellinien zu *A S*, so wird sich auf diesen die wirkliche Lage der Gebäudeecken ergeben. So wie erstere Linien die perspektivischen Vertikalprojektionen der Sehstrahlen des geometrischen Aufrisses sind, so sind die von *A* aus durch die Eckpunkte des Hauses gezogenen Linien die Horizontalprojektionen der Sehstrahlen in der Natur. Also auch diese müssen die geometrische Lage der Eckpunkte treffen, daher die Schnittpunkte *C* und *D* solche in Bezug auf den Ausgangspunkt *B* angeben.

Um die Eckpunkte des Daches des grossen Gebäudes zu bestimmen, ist folgender Weg einzuschlagen. Man zieht von der Firstecke *F* eine Parallele zur gefundenen Gebäudeseite *C B*, projizirt den Schnittpunkt mit der Hauptgesimslinie auf das Niveau der von *B* ausgehenden Sockelkante des Hauses, zieht von *A* aus durch solchen eine Linie und verlängert sie bis zur Gebäudeseite *B D*. Der Schnittpunkt mit dieser giebt alsdann die Entfernung des Firstpunktes *F* von *B* in der Richtung von *B D* gemessen im Grundriss an. Zieht man nun durch den vorderen Eckpunkt des Gebäudes in der Höhe des Hauptgesimses ebenfalls eine Parallele zu *B C*, verlängert solche bis zum Schnittpunkte der perspektivischen Firstlinie, welche von *F* nach *V* führt, so hat man nur durch diesen Punkt die Verschwindungslinie nach dem rechts liegenden Verschwindungspunkte der Seite *B C* zu ziehen, damit der Schnittpunkt *P* mit der Verlängerung der vorderen Eckkante des Gebäudes die wirkliche Höhe des Firstes in der Natur *B P* angebe.

Hat man auf diese Weise sämmtliche einzelnen Punkte gefunden, so sind alle in Betracht kommenden Verhältnisse genau bestimmt und es fehlt der Zeichnung nur noch der Masstab für die Berechnung der natürlichen Grössenverhältnisse. Diesen erhält man, wenn man die Entfernung der Linsen von dem aufzunehmenden Gegenstand nicht kennt, dadurch, dass ein an dem Gebäude befindlicher Gegenstand, dessen Grösse vorher bestimmt war, mit photographirt wird und man nach Massgabe seiner Grösse auf der Photographie die bezüglichen Verhältnisse berechnet. Kennt man dagegen die Entfernung der Linsen, oder auch nur die Höhe des Linsensystems von der Bodenebene, vorausgesetzt, dass das aufzunehmende Gebäude und der Standpunkt des Apparates auf einer und derselben Ebene sich befinden, so ergeben sich die Grössenverhältnisse nach einfacher Berechnung aus der Höhe des Standpunktes.

Der ganze auf unserer Tafel ersichtliche Aufriss und Grundriss der Gebäude wurde durch Auffinden aller einzelnen Punkte aus der Photographie konstruirt und eingetragen. Um die Deutlichkeit des photogra-

phischen Bildes nicht zu beeinträchtigen, haben wir die weiteren Hülfslinien weggelassen.

Werden mehrere perspektivisch-photographische Aufnahmen des Gebäudes oder eines Gebäudekomplexes von verschiedenen Seiten aus unter denselben Bedingungen bewerkstelligt, so kann man durch Kombination derselben genaue Pläne konstruiren. Man kann mithin Festungskarten und trigonometrisch richtige Terrainaufnahmen aus derartigen Photographien zusammenstellen. Doch ist zu bemerken, dass sich nach dieser Methode nur dann ein Plan mit der erforderlichen Genauigkeit entwerfen lässt, wenn man die Lage der verschiedenen in der Gegend befindlichen Objekte in Bezug auf ihre horizontale Ebene kennt. Handelt es sich dagegen um Objekte, welche in verschiedener Höhe über oder unter dem Horizont liegen, so muss man seine Zuflucht zu besonderen Höhenangaben nehmen, welche die Leichtigkeit der Anfertigung einer photogrammetrischen Karte beeinträchtigen.

Erst in neuerer Zeit, vor ca. 15 Jahren, hat Laussedat, Professor der Geodäsie an der polytechnischen Schule zu Paris, eine einfache Lösung der Frage ins Auge gefasst und eine gute Idee, photographische Aufnahmen von Gegenden an die Stelle der Handzeichnungen treten zu lassen, zu Tage gefördert. Später befasste sich der deutsche Ingenieur Meydenbauer mit dem betreffenden Probleme und wurden nach seinen Angaben seitens des preussischen Generalstabs im Jahre 1870 in Frankreich photographische Terrainvermessungen vorgenommen. Das Prinzip der photographisch-geodätischen Arbeiten schliesst sich eng an das Prinzip der trigonometrischen Geodäsie an.

Angenommen, wir befänden uns an den Endpunkten einer Standlinie, Fig. 400 $B$ und $C$, und betrachteten von da aus das aufzunehmende Terrain. Nehmen wir weiter an, es handle sich um den Kirchthurm $A$, so wird dieser, von zwei Punkten aus betrachtet, nach verschiedenen Richtungen hin gelegen erscheinen, trotzdem er sich im Raume nur an einem Punkte befindet. Um diesen Punkt zu bestimmen, hat man zuerst die zugängliche Entfernung von $B$ nach $C$ genau auszumessen und auf dem Papiere durch eine Linie zu bezeichnen. Nachdem solches geschehen, wird das Fernrohr eines Theodoliten (vgl. Fig. 160 S. 156) von $B$ aus nach dem Punkte $A$ gerichtet; der sich an dem Gradbogen ergebende Winkel $ABC$ wird bestimmt und auf das Papier übertragen. Hierauf begiebt man sich nach $C$, misst in gleicher Weise den Winkel $BCA$ und überträgt ihn auf das Papier. Die Verlängerungen der Linien $BA$ und $CA$ werden sich nun in einem bestimmten Punkte, welcher die wirkliche Lage des Kirchthurms angiebt, auf der sich ergebenden Zeichnung schneiden und mit der Linie $BC$ ein Dreieck bilden, dessen

Grösse leicht nach bekannten geometrischen Lehren zu berechnen sein wird. Die analogen, aus photographischen Aufnahmen herzuleitenden Konstruktionen werden auf demselben Wege gewonnen. Haben wir nämlich von dem betreffenden Kirchthurm, statt geometrischer Messungen mittels des Theodoliten, von verschiedenen Seiten aus photographische Aufnahmen vorgenommen und auf eine Papierfläche projizirt, so ergeben sich alsbald auch aus den Photogrammen die entsprechenden Winkelgrössen. Wir verlängern die in der Natur parallelen Linien, welche auf dem photographischen Bilde nach einem bestimmten Punkte konvergiren, bis sie sich in demselben schneiden.

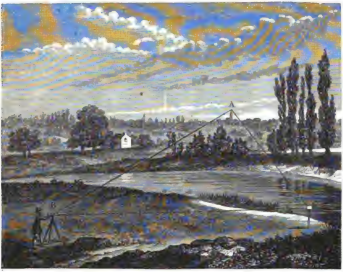



Fig. 400. Ausübungsweise der Feldmesskunst.

Dieser Punkt wird, ebenso wie bei der Zeichnung, die geometrische Lage des photographirten Objektes, in unserem Falle des Kirchthurms, angeben. Ganz ähnlich verhält es sich mit jedem anderen innerhalb des aufgenommenen Terrains liegenden Punkte.

Nach der Laussedat'schen Methode verzeichnet man auf dem Papier die Standlinie, von deren Endpunkten aus man die photographischen Aufnahmen der Gegend gemacht hat und stellt die Platten mit den aufgenommenen Bildern senkrecht in ihrem richtigen gegenseitigen Aufnahmeverhältniss auf das Papier, bezeichnet ihre Basis durch Linien und fällt von den einzelnen auf dem Plane zu verzeichnenden Punkten der



Digitized by Google

Photographien Perpendikel auf die Papierfläche. Hierauf zieht man von den betreffenden Endpunkten der Standlinie Linien durch die Fusspunkte der Perpendikel. Wo nun die durch zwei korrespondirende Fusspunkte gezogenen Striche auf dem Papiere sich schneiden, liegt die

Fig. 401. Photographischer Messtisch.

gesuchte Stelle. Für diese Methode genügt es, einen photographischen Apparat zu besitzen, der mit einem Mechanismus zur Regulirung der Horizontalität der optischen Achse versehen ist.

Da eine grössere Anzahl von Platten derartige Arbeiten sehr erschwert, hat der bekannte Optiker Chevallier in Paris sich bemüht, die

Zahl der nothwendigen photographisch-geodätischen Aufnahmen zu verringern und in einem Apparate alle Vortheile eines geometrischen Messtisches (Fig. 401) zu vereinen. Mit Hülfe dieses photographisch-geometrischen Instrumentes registrirt das Licht auf gleichsam automatische Weise die Verhältnisse des Terrains. Die Camera obscura ist auf möglichst kleine Dimensionen reduzirt, horizontal gestellt und für eine vertikal stehende bewegliche Kassette eingerichtet, deren Oberfläche durch eine runde Platte *m* gebildet wird, welche bei *h* festgeschraubt und mittels eines Uhrwerks in eine rotirende Bewegung versetzt, oder auch mit der Hand um die Achse des Apparates gleichmässig gedreht werden kann. Auf diese Platte ist ein eigenthümliches optisches System aufgeschraubt, welches aus einem reflektirenden Prisma und einer Linsenkombination zusammengesetzt ist. Das Objektivsystem *a* nimmt die Strahlen der Gegenstände auf und diese werden durch das Prisma *i* auf die in der Kassette *e d* befindliche präparirte Platte geworfen. Ausserdem befindet sich bei *c* eine Lupe zur Einstellung des Bildes, während in *b* ein Fernrohr, um die Richtung des Apparates zu bestimmen, angebracht ist. Die spiegelnde Fläche des Prisma hat eine Neigung von 45 Grad. Der Apparat ist durch die Sperrschraube *h* an einen Dreifuss befestigt, die Schrauben *f* und *g* dienen dazu, den Apparat wie jedes geometrische Messinstrument mittels einer Wasserwage in genau horizontaler Stellung zu erhalten. Durch das erwähnte Uhrwerk kann der Apparat in drehende Bewegung versetzt werden, wodurch ein Panoramenbild der gesammten Gegend allmählich auf der Platte *d e* erzeugt wird.

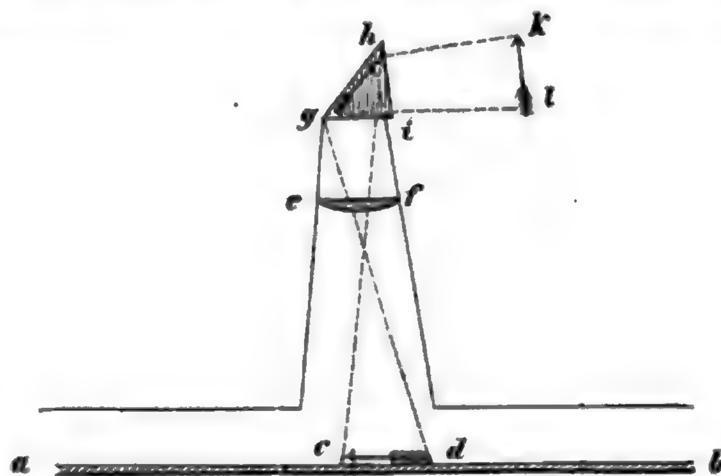


Fig. 402. Gang der Lichtstrahlen bei dem photographischen Messtisch.

Figur 402 zeigt den Gang der Lichtstrahlen in dem betreffenden Apparate. Das spiegelnde Prisma befindet sich hier vor dem bildgebenden Objektive. Nehmen wir an, *k l* sei der aufzunehmende Gegenstand, so wird derselbe bei *g h* gespiegelt und durch die Linse *e f* als objektives perspektivisches Bild, in Form der Figur *c d*, in einer der Natur entsprechenden Lage auf die lichtempfindliche Schicht *a b* geworfen. Rückt nun der ganze Apparat in gewissen Zeitintervallen rund

um seine Achse weiter, so wird er durch eine Anzahl aneinander grenzender Bilder das oben erwähnte Panoramenbild der ganzen Gegend bis zum Horizonte liefern. In Figur 403 ist eine derartige trigonometrisch-photographische Aufnahmemethode theoretisch dargestellt. Die Linie *A B* ist die Operationsbasis, welche zwischen zwei möglichst weit von einander entfernten Punkten abgemessen worden ist.

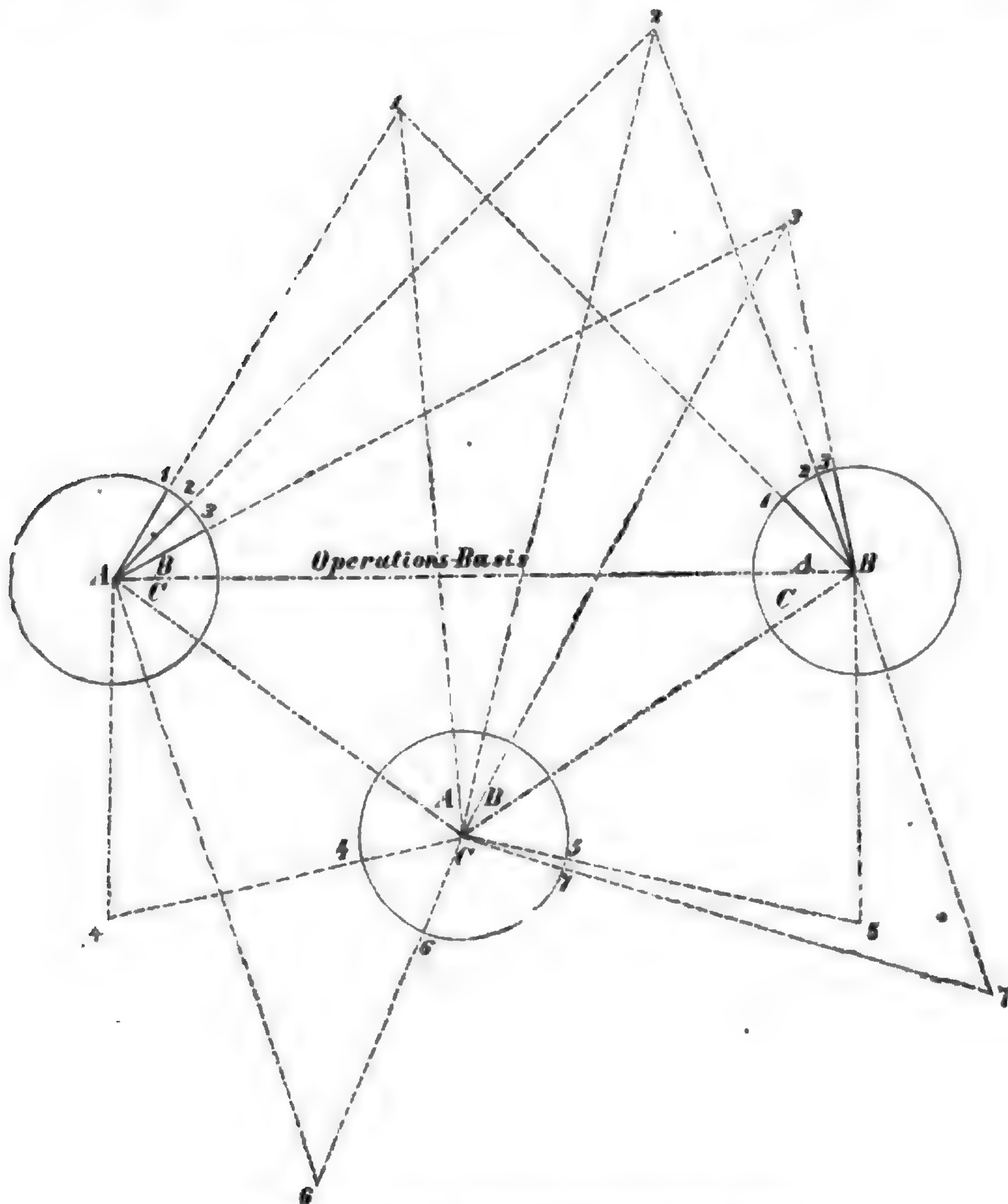



Fig. 403. Theorie der photogrammetrischen Methode.

Steht der Apparat zuerst in *A*, so werden durch einfaches Drehen desselben nach einander die Punkte der Gegend 1 2 3 in 1 2 3 des auf unserer Zeichnung im Grundriss dargestellten Kreises erscheinen. Dasselbe Verhältniss wird, wenn der Apparat in *B* aufgestellt ist, in den Punkten 1 2 3 der zweiten runden Platte sich finden. Werden nun

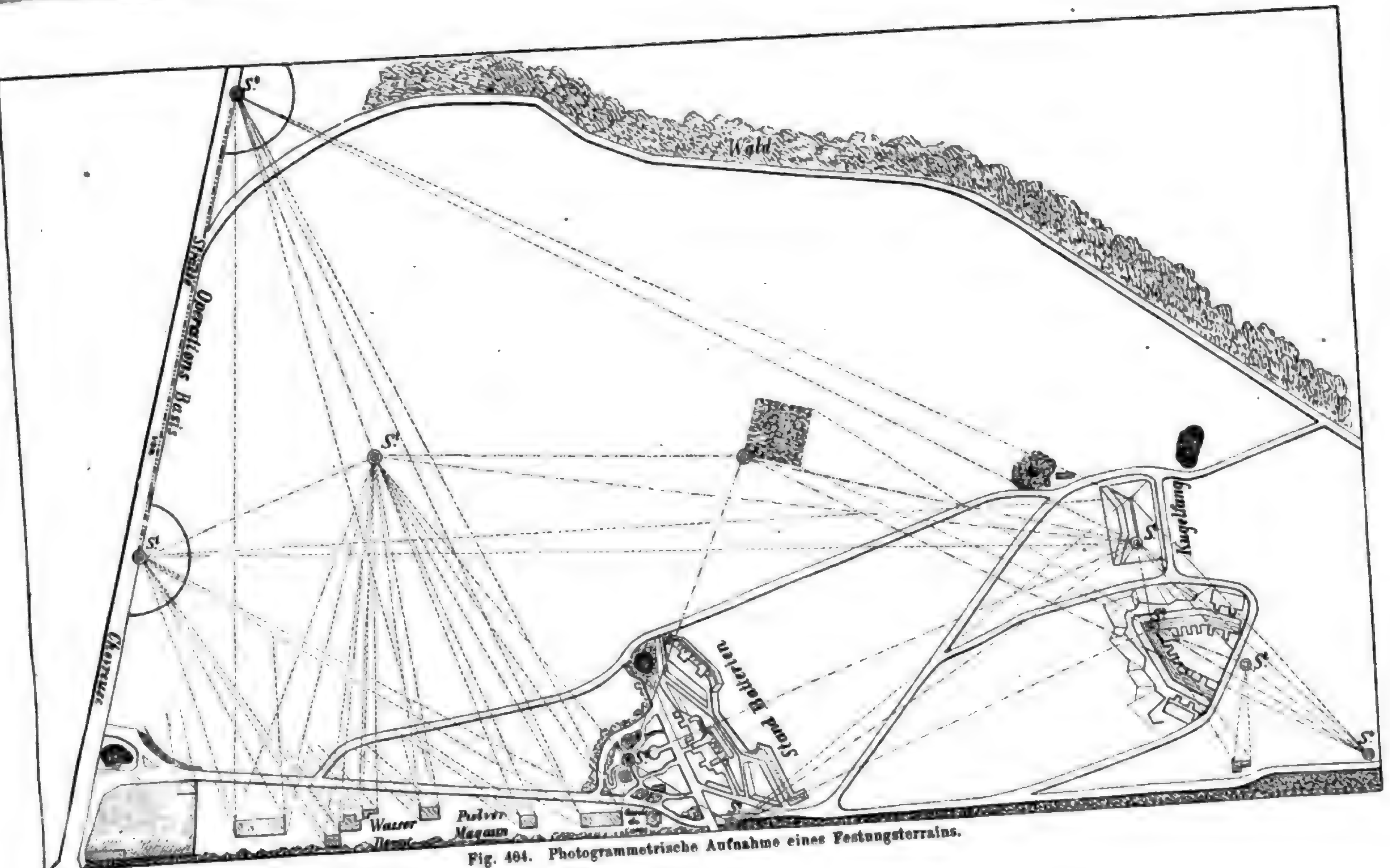



Fig. 464. Photogrammetrische Aufnahme eines Festungsterrains.

diese beiden Platten im richtigen Verhältnisse zur wirklichen Entfernung der Punkte *A* und *B* auf eine Ebene gelegt und von den Centren *A* und *B* Linien nach 1 2 3 gezogen, so werden sich dieselben, gehörig verlängert, genau an der Stelle schneiden, wo die Gegenstände in der Natur sich befinden. Wird von einem dritten Standpunkte *C* eine weitere Anzahl von Aufnahmen gemacht und in gleicher Weise verfahren, so wird für die Punkte 1 2 3 ein weiteres Kreisbild sich von selbst entwickeln; es werden ausserdem die Punkte 4 5 6 7 auf der Platte erscheinen, welche auch schon zum Theil auf den Platten *A* und *B* von anderer Richtung her abgebildet worden waren. Unsere Figur 404 zeigt einen mit dem Chevallier'schen photographischen Messtisch aufgenommenen Plan des Festungspolygons von Versailles. Die Buchstaben *St* bezeichnen die verschiedenen Standorte des Apparates. Von zehn Punkten aus wurde die ganze Gegend aufgenommen und in eine unserer Figur entsprechende geometrische Zeichnung umgewandelt. Auf den Halbkreisen, welche die beiden Standpunkte an der Operationsbasis umgeben, sind die Durchschnittspunkte ersichtlich, an welchen die betreffenden Abbildungen der Gebäude auf den Platten erschienen waren und welche den Punkten 1 2 3 etc. in der theoretischen Figur 403 analog sind.

Um den Bau eines richtig konstruirten photographischen Apparates mit dem menschlichen Auge in Einklang zu bringen, hat man versucht, der Glasplatte, welche das photographische Bild zu tragen bestimmt ist, eine Wölbung zu geben. Infolge der Schwierigkeiten, solche Platten zu präpariren und von denselben Kopien auf Papier anzufertigen, gelangten jedoch die betreffenden Apparate nicht zu allgemeiner Verwendung. Schon im Jahre 1861 hat Sutton in England sich bemüht, ein Objektivsystem und eine Camera zu ersinnen, welche im Stande sein sollten, vollkommen korrekte Panoramenbilder zu liefern. Die Linsen von konzentrischer Krümmung *A* und *B*, Fig. 405, sind an ein rundes Metallstück *D* befestigt, durch dessen Oeffnung *G* der hohle Raum *C E* mit Wasser gefüllt wird; das Ganze wird an dem an der Camera befindlichen Ringe *F* festgeschraubt. Die Idee Sutton's, eine sehr stark gewölbte Linse zu benutzen, wurde von dem englischen Optiker Ross mit Sorgfalt ausgeführt und vervollkommnet. In Figur 407 ist der vollständige Apparat mit den entsrechenden Küvetten gezeichnet, während die zugehörige Camera in Fig. 406 ersichtlich ist. Auf dem Brete *a b* steht die Camera obscura *C D*. In dem vorderen Theile der Dunkelkammer *D* befindet sich das Objektiv mit dem Verschlusse *A*. Die matte Einstellscheibe *B* ist gekrümmt und entsprechend sind auch die Kassetten gebogen. Das Reinigen der gekrümmten Gläser geschieht mittels

der in Figur 407 *K* dargestellten Vorrichtung, durch welche diese Arbeit ebenso leicht auszuführen ist, als an Plangläsern. Dasselbe ist bei dem Ueberziehen mit Kollodium der Fall. Das Sensibilisiren der Glasplatten geschieht mit einem Haken in einer für diesen Zweck besonders eingerichteten Küvette aus Guttapercha (Fig. 407 *R*). Die Präparationsmethoden der Chemikalien und die Behandlung der Platten, sowie der mit dem gekrümmten Kopirrahmen, Figur 407 *S*, vorzunehmende Kopirprozess, stimmen mit dem gewöhnlichen Verfahren vollkommen überein. Die gewonnenen Negative werden in geeigneten Plattenkasten (Fig. 407 *P*) aufbewahrt.

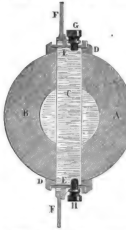


Fig. 405. Sutton's Panorama-Objektiv.

Die Bilder, welche mit diesem Apparate erzielt werden, umfassen einen Winkel von über hundert Grad und ergiebt sich hieraus schon deren Bedeutung für landschaftliche Aufnahmen zu geodätischen Zwecken. Nach den Angaben Monkhoven's, aus dessen Werk wir das obige Verfahren in Kürze zusammengestellt haben, ist das Ziel, welches Sutton sich gestellt, vollkommen erreicht, indem er ein Objektiv angefertigt habe, welches ein sehr grosses Gesichtsfeld biete, zugleich vollkommen scharf zeichne und dem Bau des menschlichen Auges so viel als möglich entspreche.

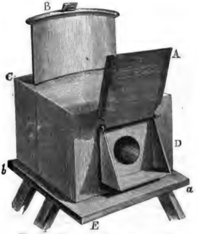


Fig. 406. Camera zum Panoramenapparat.

In den jüngsten Jahren hat die Vervielfältigung geometrischer Pläne durch Talbot's Lichtpausprozess eine weitere praktische Ausdehnung erlangt. Der Lichtpausprozess ist ein einfaches Verfahren, Zeichnungen, Lithographien, Kupferstiche u. dergl. mit Hülfe lichtempfindlichen Papiers zu kopiren. Eine Zeichnung wird, nach Talbot's Angabe, mit

einem Blatte lichtempfindlichen Papiers bedeckt und gut angepresst an das Licht gebracht. Dasselbe dringt durch die hellen Stellen der Zeichnung und färbt das darunter befindliche Papier. Die dunkeln Stellen

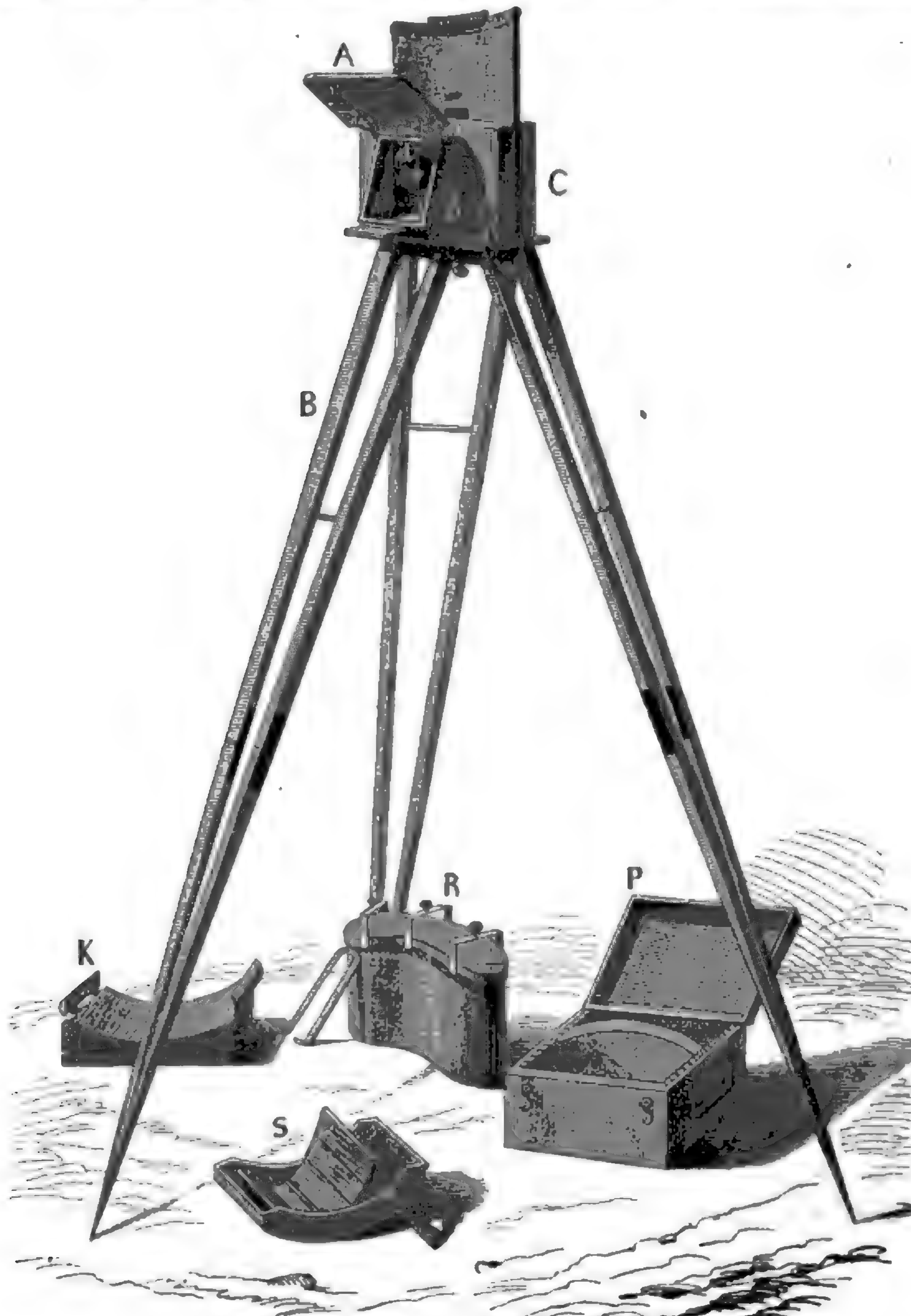



Fig. 407. Totalansicht des Panoramenapparats.

dagegen halten das Licht zurück und die entsprechenden Stellen des Papiers bleiben weiss. Mit dieser Methode erhält man, wie in dem

Negativprozess bei gewöhnlichen Aufnahmen, eine Kopie in Originalgrösse von unfehlbarer, mathematischer Richtigkeit, in welcher im Gegensatz zum Originale die Schatten hell, die Lichter dunkel erscheinen. Dieses Negativ wird fixirt und man erhält von demselben durch eine Wiederholung des Verfahrens in ebenso kurzer Zeit eine zweite Kopie, welche die Schatten dunkel, die Lichter hell zeigt und folglich dem Originale vollkommen entspricht. Das Verfahren, welches Unterrichtsgegenstand an der kgl. Gewerbe-Akademie in Berlin geworden ist, wird von zahlreichen Ingenieuren und Architekten praktisch zur Gewinnung einzelner Abdrücke benutzt. Sollen dagegen geometrische Pläne oder Landkarten sehr rasch und zugleich in grosser Anzahl angefertigt werden, wie solches besonders zu den Zeiten eines Krieges erforderlich ist, so kann dies nur auf dem Wege des photographischen Pressendruckes geschehen, dessen vielseitige bezügliche Anwendung wir in dem folgenden Paragraphen nachweisen werden.

## 2. ANWENDUNG DER PHOTOGRAPHIE IN DEN MILITAERWISSENSCHAFTEN.

In Verbindung mit der trigonometrischen Vermessungskunst wird die Photographie im ausgedehntesten Masstab im Militärwesen besonders zur Anfertigung, zum Verkleinern und Vergrössern von Landkarten verwerthet; sie dient ferner zur Abbildung von Kriegsmaschinen, Equipirungsgegenständen und Schusswirkungen. Die fliegenden photographischen Kolonnen im Kriege fördern die Kenntniss der Terrainverhältnisse durch schnelle Aufnahme bestimmter Gegenden insbesondere von Festungswerken, Verschanzungen und feindlichen Positionen.

Die militärische Photographie wurde besonders in England in Betracht gezogen und von den Truppen dieses Landes im Krimkriege zum ersten Male in die Praxis eingeführt. Lord Panmure, der damalige Kriegsminister, liess durch den Londoner Photographen J. Majall zwei Offiziere, die Fähnriche Bandon und Dawson in der Photographie ausbilden. Dieselben wurden mit ihren photographischen Gehülfen unter Oberaufsicht des Kapitän Foulkes in die Armee eingereiht; sie nahmen eine grosse Anzahl von Feldzugsbildern auf, welche Lord Panmure zur Veranschaulichung verschiedener Treffen bei seinen Rapporten verwendet und später im englischen Kriegsministerium deponirt hat. Infolge des Gelingens dieser Versuche wurden in den militärischen Unterrichtsanstalten Englands eigene Instruktionskurse errichtet, um die militärischen Zöglinge mit den Lehren der photographischen Prozesse vertraut zu machen. Die Hauptschule, welche diesen Zweig militärischer Kenntnisse kultivirt, befindet sich zu Stotherd. Im Verlauf des

abyssinischen Feldzugs war eine in jenem Etablissement herangebildete und ausgerüstete Truppe dem General-Quartiermeisterstab zugetheilt, welche zum Kopiren von Karten, zum Skizziren der Marschrouten, sowie zur Aufnahme interessanter Punkte überhaupt verwendet wurde. Das Detachement bestand, ausser den Gehülfen aus sieben Operateuren unter Leitung des Chefphotographen John Harold.

Einen der wichtigsten Zweige photographischer Thätigkeit im britischen Kriegsministerium selbst bildet das Kopiren von Karten, Plänen und Zeichnungen mittels der Photozinkographie. Dieselbe beruht auf der vom Obersten James erfundenen Anwendung polirter Zinkplatten, in welche die vorher photographisch aufgetragenen Pläne direkt eingeätzt werden.

Nach den Mittheilungen, welche Mr. Baden-Pritchard, Mitglied des photographischen Generaletablissements zu Woolwich im Jahre 1869 veröffentlichte, befanden sich in England photographische Detachements im Landes-Vermessungsbureau zu Southampton, im Ingenieur-Institut zu Chatam, im Kriegsdepartement zu Woolwich, sowie in allen Militärstationen der Kolonien. Besonders im photographischen Atelier des Arsenals zu Woolwich kommt die Camera obscura vielfach in Anwendung. Ausrüstungs- und Artillerie-Gegenstände, Kanonen, Waffen und jede andere Art von Kriegsbedürfnissen werden daselbst photographirt. Die Ergebnisse der Schiessversuche gegen Eisenplatten verschiedener Stärke, die Stellungen, die jeder einzelne Artillerist im Dienste nach verschiedenen Kommandos auszuführen hat, die Manier, in welcher die Pferde geschirrt werden, wie das Rüstzeug umzunehmen ist, wie die Militärzelte aufgeschlagen werden sollen, wie der Proviant zu verpacken ist — dies Alles wird photographisch aufgenommen, vervielfältigt, und in Kopien der betreffenden Bilder an die verschiedenen in- und ausländischen Armeecorps verschickt, um auf diesem einfachen Wege Befehle über Ausführung gewisser militärischer Manipulationen den einzelnen Kommandanten rasch zugänglich zu machen. Die jährliche Versendung derartiger Photogramme an die einzelnen Regimenter schwankt zwischen zwanzig- und fünfundzwanzigtausend Stück.

Mehr als ein Kuriosum wollen wir erwähnen, dass — nach einer Mittheilung in dem »photographischen Archive« (1866) — man es im Arsenal zu Woolwich sogar zur Photographie des Fluges der Kanonenkugeln gebracht hat, und zwar bestimmt man durch dieses Verfahren mit grösster Präzision nicht nur den Weg, den die Kugel in der Luft macht, sondern auch die Geschwindigkeit ihres Fluges. Wenn eine Kanone im Moment des Abfeuerns photographirt werden soll, so muss das Oeffnen und Schliessen des photographischen Apparates durch die

Kanone selbst besorgt werden; denn Niemand ist im Stande genau den Moment des Austrittes der Kugel aus der Mündung des Rohrs zu bestimmen.

Die Aufnahme wird mit einer stereoskopischen Camera vorgenommen, deren lichtstarke Objektive durch einen elektrischen Momentverschluss geöffnet werden können. Eine durch den galvanischen Strom in Rotation versetzte mit zwei Oeffnungen versehene Scheibe macht mit Hülfe einer angespannten Kreisfeder eine rasche Drehung, sodass die beiden runden Oeffnungen in einem bestimmten Augenblicke an den Objektiven vorüberblitzen und die Exposition gestatten. Zu diesem Behufe wird die Kanone durch eine galvanische Vorrichtung abgefeuert. Im Innern des Kanonenrohres befindet sich nämlich ein Platindraht, der beim Durchleiten eines elektrischen Stroms sofort rothglühend wird und schmilzt. Wenn nun Alles zum Abfeuern fertig ist, wird die Scheibe vor den Objektiven so weit aufgedreht, dass die Feder ihre grösste Kraft erhält, in welcher Stellung sie durch einen von einem Elektromagneten beeinflussten Schliesshaken festgehalten wird. Sobald man durch den Draht einen elektrischen Strom schickt, und derselbe durch Schmelzen des Platindrahtes unterbrochen wird, entladet er nicht nur die Kanone, sondern er setzt auch den Elektromagneten in Bewegung, löst dadurch den Schliesshaken des Momentverschlusses vor den Objektiven aus, und die photographische Platte erhält den Eindruck des Geschosses im Augenblick des Abfeuerns. Dieses allein würde aber nicht ausreichend sein, denn die Aufnahme wäre schon vollendet, ehe das Pulver Zeit hätte sich zu entzünden. Es ist demnach erforderlich, die Objektive so lange offen zu halten, bis der Schuss erfolgt ist. Zu diesem Behufe bedient man sich folgender Einrichtung: wenn der Schliesshaken die Scheibe loslässt, diese durch die Centralfeder in Rotation geräth und ihre Oeffnungen vor den Objektivöffnungen stehen, wird sie durch einen Stift so lange festgehalten, bis das Pulver entzündet und die Kanone entladen ist. Durch das Zerreissen des Platindrahtes verliert der Elektromagnet die Kraft, die

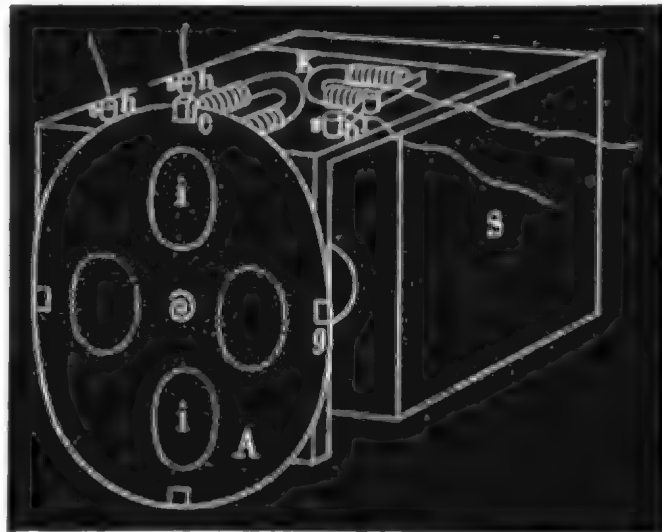


Fig. 408. Apparat zur Photographie des Fluges der Kanonenkugeln.

Rotation der Scheibe länger zu verhindern, sie fliegt also vorwärts und schliesst die Objektive wieder in demselben Moment, in welchem die Kugel das Geschütz verlassen hat.

Die Zeichnung Figur 408 giebt einen Begriff von der mit den Elektromagneten armirten Camera, während Figur 409 die Einrichtung der Drehscheibe und der elektromagnetischen Hemmungsvorrichtungen im Aufrisse, Figur 410 solche im Grundrisse zeigt. Hinter der Scheibe *A* Figur 408 befinden sich die beiden durch punktirte Linien angedeuteten Objektive. Die Scheibe wird durch die in der Mitte angedeutete Feder in Spannung gehalten und durch den Schliesshaken *e*, welcher mit einem in die Scheibe *A* eingreifenden Stifte *d* (Fig. 409) versehen ist, zurückgehalten. *C* ist der auf der Camera befindliche gegen die Scheibe *A* gerichtete Elektromagnet, *f* dessen Anker, woran sich der Haken *e* und der Stift *d* befinden; *g* (Fig. 408) ist ein Messingplättchen, welches bei dem Vorbeigleiten vor dem Haken eine minimale Hemmung in dem Momente bewirkt, wo die beiden Objektive hinter den Oeffnungen *i i* zu stehen kommen.

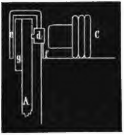



Fig. 409. Eisenkern und Anker des Elektromagneten in Figur 408.

Die Schrauben *h h* setzen die Drähte der elektrischen Batterie mit dem Magneten in Verbindung. Wenn die Kanone abgefeuert wird, magnetisirt sich *C* und zieht *d* an, wodurch der Stift aus der Scheibe gezogen und der Haken *e* der Scheibe genähert wird. Die Scheibe dreht sich, bis das Plättchen *g* mit dem Haken *e* zusammentrifft. Sobald durch das Losgehen des Geschützes die Verbindung unterbrochen wird, verliert der Elektromagnet seine Kraft, Armatur und Schliesshaken kehren in ihre anfängliche Lage zurück, *g* geht unter dem Haken *e* (Figur 409) vorbei und die Exposition ist beendet.

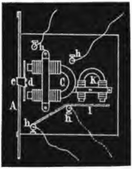



Fig. 410. Elektromagnetische Vorrichtungen an dem Apparate Fig. 408.

Der zweite, auf der Camera befindliche Elektromagnet (*K* Fig. 410) dient dazu, den Elektromagneten *C* zeitweilig ausser Thätigkeit zu setzen; sobald der Anker *l* angezogen wird, ist die Verbindung, welche durch die Schraube *h* den galvanischen Strom nach *C* führt, unterbrochen.

Digitized by Google

Die Armatur $l$ ist dann mit $K$ in Berührung und von der Verbindungsschraube $h$ entfernt. Wenn das Geschoss den Draht zerschneidet, wird $K$ demagnetisirt, $l$ legt sich wieder an $h$ und führt den Strom durch $C$; die Scheibe $A$ tritt in Rotation und exponirt die Platte in demselben Moment, in dem die Kugel den Draht zerreisst.

In dem Royal Naval College zu Greenwich werden in neuerer Zeit die Schüler der Seemannsschule alle in der Photographie unterrichtet. Die Seeoffiziere sollen sämmtlich mit derselben vertraut sein und jedes Schiff einen Offizier an Bord haben, der mit allen nöthigen Instrumenten zu genanntem Zwecke versehen ist.

Auch in den Vereinigten Staaten von Nordamerika benutzt man die Photographie zu militärischen Zwecken. Während des Sezessionskrieges waren sowol im Hauptquartier als auch bei den einzelnen Armeecorps photographische Abtheilungen thätig. Es wurden an 4000 Aufnahmen gemacht, welche an die Divisionskommandanten zu Orientirungszwecken vertheilt wurden. Gegenwärtig wird die Photographie von der amerikanischen Regierung, abgesehen von militärischen Zwecken auch bei dem Küsten-Vermessungsbureau und im Finanzministerium kultivirt.

Ferner schenkt man in Frankreich der Anwendung der Photographie für Kriegszwecke ganz besondere Aufmerksamkeit, und tritt hier die photographische Vermessungskunst in den Vordergrund. Der Chevallier'sche Messtisch, von welchem wir eine genaue Schilderung gegeben haben (vergl. S. 434), ist in der Armee allgemein verbreitet. Die photographische Reproduktion militärischer Pläne und Karten wird im französischen Kriegsministerium ebenso gehandhabt, wie in England.

In der österreichischen Armee giebt es zwar bis jetzt keine besonderen Cadres für die Kriegsphotographie; nichtsdestoweniger wird in dem militärisch-geographischen Institut zu Wien unter der Leitung von Offizieren das Beste geleistet, was die photographische Kartographie aufzuweisen hat. Die daselbst zu einer hohen Entwicklung gebrachten Reproduktionsmethoden (Photolithographie und Heliographie) dürften einen völligen Umschwung in der Kartenerzeugung herbeiführen, da man durch sie in Wochen erzielt, wozu einst Jahre erforderlich waren.

Ebenso wie in Oesterreich, hat man in Russland die photographische Darstellung und Reproduktion von Plänen berücksichtigt, und bedient man sich dort besonders der Heliogravüre und Galvanoplastik zu genanntem Zwecke. In dieser Beziehung hat Georg Scamoni (vgl. S. 134), welcher als Photograph in der Expedition zur Anfertigung der Staatspapiere arbeitet, sehr Nennenswerthes geleistet. Ein ganz besonderes Verdienst und zwar nicht allein um die Kriegswissenschaft,

sondern auch um die Vermehrung geographischer und ethnographischer Kenntnisse überhaupt hat sich Russland durch die photographische Aufnahme bisher unerforschter Gegenden von Centralasien erworben.

Auch in Holland und Belgien ist man nicht hinter den genannten Ländern zurückgeblieben. Das im Haag stationirte militärisch-photographische Institut, welches unter der Leitung des Genie-Offiziers van der Beeck steht, hat schon recht Nennenswerthes geleistet. In dem betreffenden Etablissement wird die Photolithographie behufs Herstellung von Abbildungen der Artillerierequisiten in ziemlichem Umfang angewendet; ausserdem werden Vervielfältigungen von Karten, Plänen und Zeichnungen auf heliographischem Wege dargestellt. Die Reduktionen der 62 Blätter der topographischen und militärischen Karten des holländischen Reiches würden, wenn sie auf Stein hätten gezeichnet werden müssen, 31 Monate Zeit gekostet haben, während die Reproduktion mit Hülfe der Photographie und des photolithographischen Druckes nur 4 Monate Zeit in Anspruch nahm. Ausser der Reproduktion von Karten und Plänen hat die holländische Regierung mannichfache photographische Aufnahmen der einzelnen interessanten Positionen auf ihren Kolonien vornehmen lassen, und gehören die bezüglichen Abbildungen der Gebirgsgegenden, der Forts und Befestigungen auf Java und den übrigen ostindischen Besitzungen zu den interessantesten Leistungen der militärischen Photographie.

Ebenso wie von dem holländischen Kriegsministerium, werden von dem belgischen Generalstabe die photographischen Methoden in bedeutender Ausdehnung verwerthet und die Mappirungen (Landesaufnahmen) durch Anwendung der Photolithographie, der Photozinkographie und des Farbendrucks in kürzester Zeit den Offizieren der Armee zum Studium der Terrainverhältnisse zur Verfügung gestellt.

Merkwürdigerweise wurde in Preussen die Photographie bis vor Kurzem in keinerlei Weise militärisch verwerthet. Erst der Feldzug gegen Frankreich 1870/71 hatte ein königl. preussisches Photographie-Detachement zu Tage gefördert, welches jedoch nur auf Kriegsdauer organisirt war und schon vor Beendigung des Kriegs wieder aufgelöst wurde. Dem königl. preuss. Photographie-Detachement war die Aufgabe gestellt, zum Zweck photogrammetrischer Messungen eine grössere Anzahl von Photographien darzustellen. Die betreffende Abtheilung bestand aus den Photographen Schwier, Quidde und Hintze. Das Detachement wurde von dem Ingenieurhauptmann Burchardi geführt, welchem der Reservelieutenant Dörgens zur Seite stand. Ausserdem waren noch ein Sergeant als Zeichner, zehn Gardepioniere und zwei Trainsoldaten zur Hülfeleistung kommandirt. Die Ausrüstung der betreffenden

Abtheilung bestand aus einem Stehwagen, welcher als Dunkelkammer zu benutzen war, aus einem Requisitenwagen, welcher die Präparate und Chemikalien enthielt und einem transportablen Dunkelzelte. Die Expedition rückte am 19. September vor Strassburg und machte dort 116 photographische Aufnahmen auf zwölfzölligen Glasplatten. Die für photogrammetrische Messungen bestimmten Platten wurden von J. B. Obernetter in München vervielfältigt und haben wir mit Zugrundelegung einer Obernetter'schen Photographie in Figur 411 die Reproduktion einer photographischen Aufnahme, wie solche vor Strassburg vorgenommen wurden, wiedergegeben.

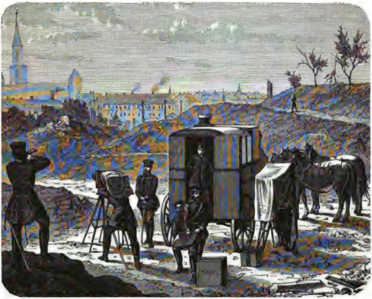


Fig. 411. Das fliegende photographische Atelier des preussischen Generalstabes (1870|71).

Nach Vollendung seiner Aufgabe begab sich das photographische Detachement am 19. Oktober von Strassburg nach Nanteuil-Saacy, in welchem Orte, angeblich wegen Mangel an Pferden, ein sechswöchentliches Quartier bezogen werden musste. Am 5. Dezember Abends kam die Expedition endlich in Versailles an. Durch Kabinetsordre wurde das Detachement zur besonderen Disposition des Kronprinzen gestellt, und erhielt die Aufgabe die Forts Issy, Vanvres und Montrouge, sowie die preussischen Angriffsbatterien der Südseite aufzunehmen. Im Ganzen wurden vor Paris 123 Platten angefertigt, welche jedoch nicht

Digitized by Google

zu photogrammetrischen Messungen bestimmt waren. Nach dreimonatlichem Aufenthalt auf dem Kriegsschauplatze wurde das photographische Detachement aufgelöst, da der preussische Generalstab, wie es scheint, keinen besonderen Vortheil aus dessen Arbeiten ersehen konnte. Der Grund lag wol hauptsächlich in der mangelhaften Ausrüstung mit geeigneten Apparaten und einer nicht genügenden Vorübung der Photographen. Während man in Preussen die Anfertigung der topographischen Karten grösstentheils der Privatthätigkeit überlässt, hat man in Bayern solche einem besonderen militärischen Institute anvertraut.

Das topographische Bureau des bayerischen Generalstabs hat vorzügliche kartographische Leistungen aufzuweisen. Dasselbe ist in mehrere Sektionen, die mathematische und statistische, in die Aufnahme- und Zeichnungs-, sowie in die Kupferstich- und Reproduktions-Sektion gegliedert. Zur Darstellung von Karten wird besonders die *Albertotypie* oder der Lichtdruck (vgl. S. 127) gepflegt. Der Leiter des photographischen Ateliers des bayerischen Generalstabs ist der Hauptmann E. Albert, ein Bruder des Erfinders der Lichtdruckmethode.

Unter den Privatinstituten, welche sich in Deutschland mit der Herstellung von Landkarten auf photographischem Wege befassen, nimmt das photolithographische Institut zu Weimar (H. Graap) unstreitig die erste Stelle ein. Die genannte Verlagshandlung hat eine grosse Anzahl von Landkarten erscheinen lassen, welche ursprünglich nach Gypsmodellen photographirt sind und die Gebirgsformationen durch photographische Uebertragung auf lithographische Steine und die von denselben abgenommenen Abdrücke vollkommen plastisch darstellen. Der Eindruck der Plastizität ist ein so vollkommener, dass bei längerem Ansehen durch die hohle Hand die Terrainunebenheiten mit stereoskopischem Effekte hervortreten. Ausserdem sind die Wassermassen mit blauen, die übrigen Formen der Bodenbeschaffenheit mit anderen entsprechenden Farben aufgetragen, wodurch dem Bilde eine sehr lebendige Frische verliehen wird. Ein Blick auf unsere Tafel XII, Karte des süddeutsch-österreichischen Gebirgslandes wird bei unsern Lesern die Ueberzeugung hervorrufen, dass eine deutlichere Veranschaulichung der Bodenkonfigurationen kaum glücklicher und besser erreicht werden kann, sowie dass dieser neueste Fortschritt auf dem Gebiete der Photokartographie von keiner früheren Methode übertroffen wird. Für den geographisch-naturwissenschaftlichen Anschauungsunterricht sind diese Reliefkarten ebenso wichtig wie die optischen Wandelbilder geworden, deren Darstellungsweise uns in dem folgenden Kapitel beschäftigen soll.

---

## ZWÖLFTES KAPITEL.

## DIE OPTISCHE PROJEKTIONSKUNST.

---

Die naturwissenschaftlichen Studien haben sich im Laufe der jüngsten drei Dezennien unstreitig zu dem ersten Range auf dem Gebiete der exakten Wissenschaften emporgeschwungen. Während dieselben in früheren Zeiten nur den Fachgelehrten zugänglich waren, dürfte es wol heute kaum eine höhere Lehranstalt geben, in welcher die Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse nicht zu den unabweisbaren Pflichten gerechnet würde. Zu dem theoretischen Unterrichte traten das physiologische, das physikalische und das chemische Experiment, nach deren Einführung ein allgemeineres Interesse für die Kenntniss der Naturgesetze erwachte. Während das Experiment vornehmlich dem Unterrichte in der Naturlehre dient, bedarf die Naturgeschichte zur Begründung ihrer Thatsachen neben dem Worte in erster Linie des erklärenden Bildes, und wie durch den elementaren Anschauungsunterricht der Geist des Kindes geweckt und angeregt wird, so fesselt die naturwissenschaftliche Abbildung die Aufmerksamkeit des Erwachsenen an die Theorie des Vortrages. Früher gehörte die Beschaffung naturgetreuer bildlicher Darstellungen zu den schwierigsten Aufgaben, jetzt aber, wo wir in den naturwissenschaftlichen Photogrammen ein ebenso reiches als vorzügliches Lehrmaterial besitzen, sind wir im Stande, allen Anforderungen gerecht zu werden. Derartige Photogramme lassen sich einem grösseren Zuschauerkreise durch die optische Projektionskunst besonders anschaulich vorführen. Unter derselben verstehen wir die mittels einer Projektionslampe in bedeutend vergrössertem Masstabe ermöglichte Darstellung transparenter Glasphotogramme und durchsichtiger natürlicher Präparate. In England und besonders in Nordamerika bedient man sich dieser Methode im Allgemeinen schon seit vielen Jahren zur Vorführung astronomischer und naturwissenschaftlicher Bilder, besonders zur Darstellung der Phasen der Himmelskörper,

zu anatomischen und physiologischen Erörterungen, sowie zum Nachweise minimaler Lebensbewegungen und chemischer Vorgänge.

Die ursprüngliche Projektionslampe, die Laterna magica, wurde um das Jahr 1640 von Atanasius Kircher erfunden. In ihrer primitiven Form besteht sie dem äusseren Ansehen nach aus einem runden oder viereckigen geschlossenen Kasten (Fig. 412), an dessen Vorderseite ein eckiges Rohr hervortritt. Im Innern, gegenüber dem Rohre, ist ein Hohlspiegel angebracht, der bei den einfachsten Instrumenten von Blech getrieben, bei den besseren Apparaten aus Silber gearbeitet ist und in dessen Brennpunkte eine Oellampe steht. In der Röhre sitzen zwei konvexe gegen einander verschiebbare Linsen, hinter denen ein Spalt zum Einschieben der Bilder sich befindet. Je nachdem man kleine oder grosse Bilder auf der Projektionswand entwerfen will, muss man sich mit dem Apparate derselben nähern, oder sich von ihr entfernen und nach dem jeweiligen Verhältnisse die Stellung der Gläser zu einander verändern.

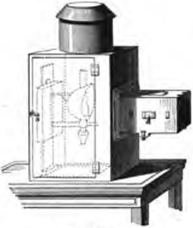


Fig. 412. Laterna magica.

Die moderne Laterna magica unterscheidet sich im Prinzipe nicht von der ursprünglichen Erfindung. Dagegen ist sie sowol in Bezug auf die Güte der Linsen, als auch in Betreff der Beleuchtungsvorrichtungen, bedeutend vervollkommnet; die Gläser sind exakter geschliffen, die Spiegel feiner polirt, die Schiebevorrichtungen genauer abgewinkelt. Zur Konzentration des Lichts befindet sich zwischen Glasbild und Lichtquelle eine Linsenkombination von zwei mit den gewölbten Seiten gegeneinander stehenden plankonvexen Linsen (Fig. 413). Die gebräuchlichste in Frankreich und Deutschland zu Unterrichtszwecken übliche Projektionslampe haben wir schon auf Seite 270 in Figur 252 abgebildet. Figur 414 zeigt eine in England zu Unterrichtszwecken häufig angewendete Bildlaterne, welche mit einer Mischung von

Fig. 413. Linsen zur Konzentration des Lichtes.

Kohlenwasserstoff- und Sauerstoffgas erleuchtet wird; *a* ist der von der Leuchtgasleitung, *b* der von dem Sauerstoffbehälter herkommende Leitungsschlauch. Der Sauerstoff ist in dem Gummisacke, welcher sich auf

Fig. 414. Oxy-Hydrogen-Laterna.

dem Boden befindet, aufgespeichert und wird, nachdem der Hahn *c* geöffnet, durch den Druck der aufliegenden Gewichte ausgepresst.



Digitized by Google

Die Lampe befindet sich auf einem Stativ *d*, welches durch eine Kurbel hoch und tief geschraubt und vor- und zurückbewegt werden kann; *e* ist ein Deckel, welcher siebartig durchlöchert ist, um eine reichliche Luftcirkulation in der Laterna zu veranlassen; in *g* befinden sich die hinter den Glasbildern üblichen Beleuchtungslinsen; *f* ist das vergrössernde Objektiv und *h* die Einstellschraube.

Um zwei Bilder mit einander zu vergleichen, ist es nöthig, solche auf der weissen Wand neben einander stellen zu können, zu welchem Behufe eine Doppellaterne mit zwei Linsensystemen angewendet wird, oder es müssen, wie dies unsere Fig. 415 zeigt, auf einem Stativ zwei Laternen unter geeignetem Winkel neben einander gestellt werden, so dass ihre Achsen konvergent zusammenlaufen. Die Räder an dem Gestell können durch einen Mechanismus von oben dirigirt werden, um den Apparat mit Leichtigkeit der weissen Fläche zu nähern oder von derselben zu entfernen. Wenn man zwei Bilder rasch ineinander übergehen lassen will, so muss eine eigenthümliche Schliessmechanik

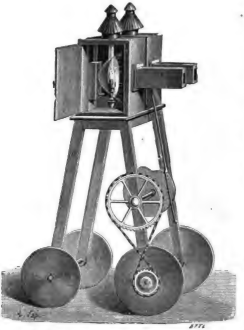


Fig. 415. Doppel-Laterna zu Projektionszwecken.

vor den Objektiven der Laterna magica angebracht sein; die zwei Deckel sind in der Weise mit einander in Verbindung zu bringen, dass während der eine sich vor das eine Objektiv schiebt, der zweite sich von dem andern Objektiv gleichzeitig entfernt (vgl. Fig. 420 a). Durch diese allmähliche Entfernung nimmt die Lichtkraft des einen Bildes zu Gunsten des andern verhältnissmässig ab und zu. Wenn in diesem Fall die Achsen der beiden Bilder auf der weissen Fläche sich genau treffen, erhält man den Eindruck eines sogenannten Nebelbildes. Die von den

Digitized by Google

Engländern erfundenen Dissolving views, Ansichten von Gegenden, welche vor dem Auge des Zuschauers entstehen und vergehen, Bewegungen im Bilde, sowie plötzlich auftretende Naturerscheinungen werden dadurch hervorgebracht, dass zwei verschiedene Bilder in eine doppelte Laterna gebracht werden, indem hinter dem einen Objektiv die Landschaft, hinter dem andern die bewegliche Figur zu stehen hat. Durch das Zusammenfallen der beiden optischen Achsen des Apparates wird das

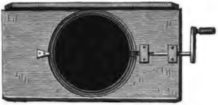


Fig. 416. Mechanismus für bewegliche Bilder.

zweite Bild auf das erste geworfen, während man die Bewegungen durch folgende Vorrichtung erzielt. Die Bilder werden in eine Holztafel eingesetzt, die mit einem Triebrad und einem kreisförmigen Zahnrade ver-

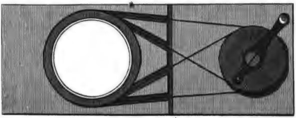


Fig. 417. Bewegung der Bilder durch elastische Schnüre.

sehen ist (Fig. 416), welches durch Vermittlung der an der Abbildung ersichtlichen Kurbel in eine Kreisbewegung gebracht werden kann; letztere erscheint an der Projektionswand durch Vermittlung der Laterna in vergrössertem Masstabe. Ausser durch Stange und Triebrad, kann eine solche Bewegung auch durch elastische Schnüre (Fig. 417) vermittelt werden, welche sich um das bewegliche Bild und die drehbare Kurbel herumziehen; die Bilder werden in

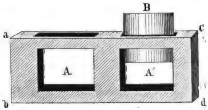



Fig. 418. Doppelschieber für Projektionsbilder.

den freien runden Ausschnitt der Holztafel eingesetzt. Um in einer Laterna zwei Bilder rasch wechseln zu können, ist der in Fig. 418 abgebildete Doppelschieber sehr geeignet; *a b c d* ist ein Holzrähmchen,

Digitized by Google

welches in $A$ ausgesägt und oben mit zwei Spalten versehen ist, durch welche die Glasbilder ($B$) eingeschoben werden können. Während das Bild $B$ in $A'$ hinter dem Objektiv der Laterna steht und auf die weisse Wand projizirt wird, kann das im hervorstehenden Theile $A$ befindliche Bild gewechselt werden.

Vor einigen Jahren ist eine Projektionslampe unter dem Namen «Skioptikon» von den Firmen E. Liesegang in Elberfeld und R. Talbot in Berlin empfohlen worden, welche mit vortrefflichen achromatischen Linsen versehen ist und ihre Beleuchtung durch zwei mit einander kombinirte Petroleumlampen erhält. Das Skioptikon, Fig. 419, gestattet eine fünfzigfache Linearvergrösserung der Bilder in scharfer und klarer Reproduktion. Nach der Talbot'schen Beschreibung befindet sich zur Linken das photographische Objektiv mit den Linsen $a\ b\ c\ d$. Dieses sitzt an einem Blechkasten mit Holzfassung ($h$), der ausgezogen werden kann.

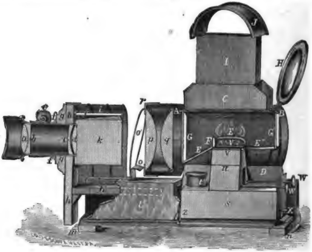


Fig. 419. Das Skioptikon.

$o'$ ist ein Draht, der zum Halten des hölzernen Schiebers (Fig. 418) dient. Die Bilder werden mit Hülfe der Konzentrationslinsen $p\ q$ durch die Flamme $E'$ kräftig erleuchtet. Die Linsen $p\ q$ sitzen in einer Kapsel, die sich herausnehmen lässt. Hinter derselben befindet sich der oben in einen Schornstein endigende Brennraum. Bei $G\ G'$ ist derselbe mit verschiebbaren Spiegelglasplatten verschlossen. Wichtigere Bestandtheile der Lampe sind ferner der Petroleumkasten $S$, der bei $t$ gefüllt wird, und der Dochthalter $V$. Dieser führt zwei flache, breite Dochte,

Digitized by Google

welche mit Hülfe der Schrauben *W W* emporgedreht werden. Durch einen Druck auf die Feder bei *X* lässt sich die Lampe leicht ausheben und wieder einsetzen. Vor dem jedesmaligen Gebrauche der Lampe schraubt man die Dochte empor, hebt die hintere Glasplatte *G* aus, entzündet die Lampe und setzt das Glas wieder ein. *H* ist ein mit Silber belegter an den hinteren Deckel des Apparates befestigter Reflektor, durch welchen das Licht der Lampe erheblich verstärkt wird.

Fig. 420. Skioptikon für Doppelbilder.

Unsere Fig. 420 zeigt eine sehr praktische zusammenlegbare Einrichtung für zwei Skioptikonlaternen. Stativ, Apparate und Bilderkasten

können in der kleinen Kiste *A* mit Leichtigkeit transportirt werden. *R* und *L* sind die beiden Lampen, *A* der Transportkasten, *B* ein Kästchen mit transparenten Glasbildern, *E* und *F* die Räume zur Aufbewahrung der Apparate, *H* ein Tragriemen und *a* die oben erwähnte Vorrichtung für die beiden Objektive zur Erzeugung von Nebelbildern.

Fig. 421. Drummond'sches Kalklicht zu Projektionszwecken.

Zur Beleuchtung der Laternamagicabilder eignen sich das elektrische Licht, das Drummond'sche Kalklicht und ganz besonders die Harnecker'sche Alkohol-Sauerstofflampe (S. Kap. III, §4 über künstliche Lichtquellen S. 60 ff.). Eine weitere für Projektionszwecke recht praktische Hydrooxygenlampe haben wir in Figur 421 abgebildet. In derselben entsteht mittels der grossen Beleuchtungslinse *L* ein intensiver Lichtkegel, welcher durch die konische Röhre *R* ausstrahlt. Die Lampe kann sowol zu wissenschaftlichen, als zu allgemeinen Beleuchtungszwecken Verwendung finden. An den Hahn *A* wird der das Sauerstoffgas führende, an *B* der für das Wasserstoffgas bestimmte Schlauch befestigt. Die Gase treten durch die beiden querlaufenden Röhrchen *C* in die Kammer *D*, in welcher sie sich mischen und durch das Rohr *E* auf den Kalkcylinder *F* austreten. *G* ist eine Schraube, um den ganzen Apparat hoch und tief zu stellen, während *H* ein Scharnier darstellt, um dem Lichtstrahl jede gewünschte Richtung zu geben.

*N* ist der Griff eines Hahns zur Regulirung des Zutrittes der gemischten Gase.

Ausser auf die Beleuchtung, hat man auf die Güte der Objektive Rücksicht zu nehmen. Ein gutes Linsensystem für Projektionszwecke muss bei mässiger Entfernung von der Projektionswand ein hinreichend grosses und in allen Einzelnheiten scharfes Bild liefern. Die üblichen photographischen Objektive, welche wir in unserem vierten Kapitel beschrieben, eignen sich sehr für den erwähnten Zweck und giebt die folgende Figur für Objektive von verschiedenem Fokus die zur Erzeugung von Projektionsbildern nöthigen Entfernungen und Bildgrössen an.

| | Entfernung der Laterne von der Wand | Durchmesser der Bilder, welche man erhält: Durch ein Objektiv von: | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 4 Zoll Fokus | 4,5 Zoll Fokus | 5 Zoll Fokus | 6 Zoll Fokus | 8 Zoll Fokus | 9 Zoll Fokus | 12 Zoll Fokus | 16 Zoll Fokus | |
| Pariser Fuss | 12 | 10,5 | 9,3 | 8,4 | 6,11 | 5,3 | 4,8 | 3,6 | 2,7 | Pariser Fuss |
| | 15 | 13,0 | 11,7 | 10,5 | 8,5 | 6,6 | 5,9 | 4,4 | 3,3 | |
| | 20 | 17,4 | 15,5 | 13,10 | 11,7 | 8,8 | 7,8 | 5,9 | 4,4 | |
| | 25 | 21,8 | 19,3 | 17,4 | 14,5 | 10,10 | 9,8 | 7,3 | 5,5 | |
| | 30 | 26,0 | 23,1 | 20,10 | 17,4 | 13,0 | 11,7 | 8,8 | 6,6 | |
| | 35 | 30,4 | 27,0 | 24,3 | 20,3 | 15,2 | 13,6 | 10,1 | 7,7 | |
| | 40 | 34,8 | 30,10 | 27,9 | 23,1 | 17,4 | 15,5 | 11,7 | 8,8 | |
| | 45 | 39,0 | 34,8 | 31,2 | 26,0 | 19,6 | 17,4 | 13,0 | 9,9 | |
| | 50 | 43,4 | 38,6 | 34,8 | 28,11 | 21,8 | 19,3 | 14,5 | 10,10 | |

Fig. 422. Grössenbestimmung der Projektionsbilder.

Um photographische Transparentbilder zu Projektionszwecken anzufertigen, dient die in Figur 423 abgebildete einfache Vorrichtung. Ein vor dem Fenster *A* in einem Winkel von 45 Grad aufgestellter weisser Carton *B* wirft eine hinreichende Lichtmasse auf ein an das Fenster befestigtes Negativbild, welches durch die Camera *C* in ein kleineres Diapositiv verwandelt wird (vergl. S. 417). Hat das Negativ schon die Grösse des gewünschten Projektionsbildes, so kann man durch direktes Auflegen desselben auf eine präparirte lichtempfindliche Glasplatte ein Diapositiv herstellen. Man überzieht in diesem Falle die zum Diapositiv zu benutzende Glasplatte mit Jodkollodium und sensibilisirt in der bekannten Weise. Hierauf wäscht man die Platte vorsichtig durch Uebergiessen mit reinem Wasser ab, lässt einige Tropfen filtrirten Bieres

über die Schicht fliessen, um durch den Dextringehalt desselben die Lichtempfindlichkeit der Platte zu konserviren (vgl. S. 107). Wenn dieselbe getrocknet ist, bringt man sie direkt unter das Negativ, sodass sich die präparirten Flächen berühren, exponirt sie einige Sekunden dem Lichte und entwickelt das Bild mit

| | |
|---|---|
| Pyrogallussäure | 80 Gramm. |
| Citronensäure | 50 - |
| Wasser | 190 - |

Ist die Platte mit dieser Lösung genügend befeuchtet, so giesst man einige Tropfen einer achtprozentigen Silberlösung zu und lässt diesen Zusatz 5 bis 8 Minuten lang wirken, bis ein kräftiges Bild erschienen ist, welches auf die bekannte Weise fixirt und vollendet wird.

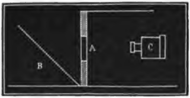


Fig. 423. Vorrichtung zur Anfertigung von Transparentbildern.

Ueber die Anwendung des Pigmentverfahrens zur Darstellung diapositiver Projektionsbilder vergl. Kap. IV S. 122.

Ausser zur Projektion makroskopischer und mikroskopischer Photographien, eignet sich die Projektionslampe auch zur direkten Vergrösserung mikroskopischer transparenter Präparate.

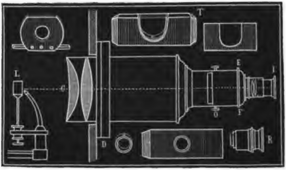


Fig. 424. Projektionslampe zu mikroskopischen Studien.

Figur 424 zeigt eine derartige Einrichtung im Durchschnitt. *L* ist die Lichtquelle, in unserem Beispiele Drummond'sches Kalklicht, *C* das kondensirende Linsensystem, *D* der Schlitten, in welchem die transparenten Photographien zur Vergrösserung eingeschoben werden können, falls man den Apparat als Laterna magica benutzen will, *E* die Stelle an welcher das Objektivsystem angeschraubt wird, *E F* ein für

Digitized by Google

mikroskopische Zwecke kombinirtes Röhrensystem, *O* der Objekttisch, auf welchem transparente Präparate mittels Klammern befestigt werden,

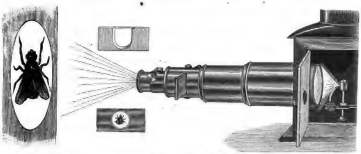


Fig. 425. Projektionslampe zu mikroskopischen Studien in perspektivischer Ansicht.

*I* das vergrössernde, bei *R* besonders abgebildete Objektivsystem, *T* ein transparenter kleiner Glastrog, um in demselben lebende Wasserthiere, Infusorien, Algen, kleine Insekten, lebende Moose u. dergl. zur Darstellung zu bringen. Die Einstellung des Bildes geschieht auf dieselbe Weise, wie bei allen anderen Vergrösserungsmethoden. In Fig. 425 sehen wir dieselbe Vorrichtung in perspektivischer Ansicht.

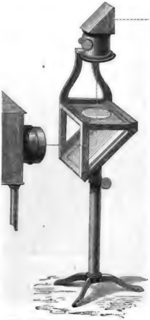


Fig. 426. Vorrichtung zur Projektion querliegender Gegenstände.

Um Gegenstände, die sich in horizontaler Lage befinden müssen, auf eine vertikale Wand zu projiziren, dient die von Duboscq erfundene Einrichtung Fig. 426, die aus der Projektionslampe kommenden Strahlen werden durch einen um 45 Grad geneigten Planspiegel auf den über dem Spiegel sichtbaren durchbohrten Objekttisch geworfen. Senkrecht über diesem Tische befindet sich das vertikal stehende Objektiv, mit welchem ein spiegelndes Prisma verbunden ist, das die Strahlen wiederum in horizontaler Richtung auf die weisse Wand wirft. Figur 427 zeigt vier kleine Glasapparate, welche zu Projektionszwecken für diesen Objekttisch bestimmt sind. Das obere Bild stellt eine Glasschale dar, in welcher man chemische Experimente vornehmen

kann, dann folgt eine auf Glas befestigte Magnetnadel zum Nachweise elektrischer Strömungen, sodann eine Rolle von Krystall, auf welche man verschiedene Transparentfarben nach Belieben aufträgt, um, nachdem man die Rolle in Rotation versetzt hat, den optischen Eindruck der Farbenmischungen hervorzubringen, und endlich eine Glasscheibe, auf welcher man physikalische Staubbilder, z. B. elektrische oder Klangfiguren zum Zwecke der Projektion hervorzubringen vermag.

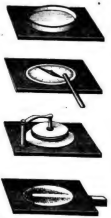


Fig. 427. Nebenapparate zur Projektionsvorrichtung Fig. 426.

Um die chemischen Vorgänge in horizontal stehenden Flüssigkeiten einem grossen Zuschauerkreise vorzuführen, hat der englische Gelehrte Farguson einen besonderen Apparat, Fig. 428, angegeben. *L* ist die Kollektivlinse einer Projektionslampe, *M* ein Spiegel, welcher im Winkel von 45 Grad geneigt ist, um die von unten kommenden Lichtstrahlen nach oben zu lenken, *s s* eine rundliche Glasschale, *l* ein photographisches Objektiv, *m* ein zweiter Spiegel, welcher im Winkel von 45 Grad geneigt ist und die von unten nach oben kommenden Strahlen wieder in horizontale Richtung bringt und auf die Projektionswand wirft; *d* ist ein kleines Glasgefäss, in welches verschiedene chemische Lösungen gegossen werden. Durch eine gebogene Röhre gelangen dieselben tropfenweise in die Flüssigkeit der Schale *s s* und erregen daselbst je nach ihrer Natur chemische Reaktionen, Wellenbewegungen oder Krystallbildungen, welche in demselben Augenblicke infolge der angegebenen spiegelnden Vorrichtungen auf der Projektionswand zu entstehen scheinen.

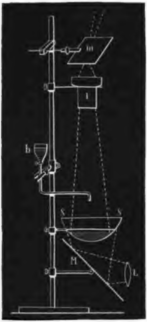



Fig. 428. Projektionsvorrichtung für chemische Analysen.

Der Erste, welcher in Deutschland die Projektionskunst als integrirenden Theil des naturwissenschaftlichen Unterrichts eingeführt hat, war Johann N. Czermak, weiland Professor der Physiologie

Digitized by Google

zu Leipzig. Er wusste in genialer Weise die mannichfachsten Demonstrationsapparate mit dem genannten Instrumente in Verbindung zu bringen, und in dieser anregenden Form die Thätigkeiten des Organismus seinen Zuhörern in beweglichen Bildern vor Augen zu führen. Wir wollen als Beispiel seiner ingeniösen Erfindungen nur einen seiner Demonstrations-Apparate, das Kardioskop, näher beschreiben. Bekanntlich schlägt das ausgeschnittene Herz eines Frosches (vgl. S. 329) noch längere Zeit weiter, besonders wenn es mit etwas verdünnter Kochsalzlösung gereizt wird. Um nun einer grossen Versammlung jene kleinen Bewegungen vor Augen zu führen, konstruirte CZERMAK eine optische Vorrichtung, das Kardioskop, oder den Herzspiegel (Fig. 429). Derselbe besteht aus zwei leichten Metall- oder Glasplättchen, welche durch den leisesten Anstoss um eine horizontale Achse gedreht werden können.

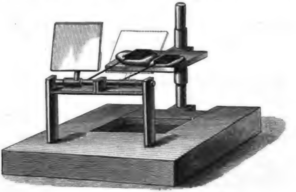


Fig. 429. Das Kardioskop.

Die spiegelnden Glasflächen werden durch Vermittlung zweier Korkplättchen mit dem pulsirenden Körper in Beziehung gebracht, sodass sich die Pulsationen desselben auf die Spiegel übertragen. Wenn nun die Spiegelflächen mit grellem Lichte beleuchtet werden, so entstehen durch Bestrahlung einer gegenüberliegenden Wand zwei weithin sichtbare Lichtbilder, welche die hebelförmigen Bewegungen der Spiegel und somit die Bewegungen des pulsirenden Körpers genau und in bedeutend vergrössertem Masstabe zur Anschauung bringen. Zum Nachweise der verschiedenen Herzkontraktionen wird das eine Korkplättchen auf die Vorkammer, das andere auf die Herzkammer des schlagenden Froschherzens gelegt. Zieht sich nun die Vorkammer zusammen (Fig. 429), so senkt sich das Korkplättchen und mit ihm der in unserer Figur punktirte Spiegel, während das Plättchen auf der Herzkammer mit dieser

und demgemäss auch der Spiegel sich hebt und um seine Achse gedreht wird. Werden nun diese auf- und abhüpfenden Spiegel mittels einer Projektionslampe *B* beleuchtet, so sieht man zwei Lichtbilder in Form heller Scheiben auf der weissen gegenüberliegenden Wand *T* (Fig. 430) nach einem gewissen Rhythmus auf- und niederhüpfen. Das Heruntergehen deutet die Systole, das Hinaufgehen des Lichtbildes die Diastole des Herzens an. Das Kardioskop ist in der betreffenden Figur unverhältnissmässig gross und in strengem Profil gezeichnet, um die Stellung der Spiegel und der Korkplättchen auf den beiden Herzabschnitten, sowie den Gang der Lichtstrahlen deutlich sichtbar zu machen. Zur Vermehrung der Deutlichkeit sind überdies punktirte und ausgezogene Linien angebracht, um den verschiedenen Gang der Strahlen bei verschiedener Stellung der Spiegel nachzuweisen.

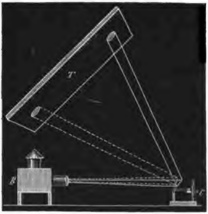


Fig. 430. Lichteffekte des Kardioskops.

Professor Czermak hatte sich die Lebensaufgabe gestellt, die Naturwissenschaften, und besonders die Physiologie, in ihren mannichfachen Einzelfächern, in den Vordergrund aller geistigen Arbeit zu bringen. »Keine andere Wissenschaft«, sagte er bei der Eröffnung seines Laboratoriums, »kann mehr im Stande sein, in wirksamer Weise die wahre Aufklärung zu fördern, als die heutige Physiologie, welche im Sinne der mechanischen Weltanschauung alle die dunkeln und in ihren Konsequenzen die freie Forschung hemmenden Vorstellungen von der Existenz und Wirksamkeit einer besonderen mysteriösen Lebenskraft erfolgreich bekämpft und aufzuhellen sucht.«

»Sollen sich«, fährt er fort, »Physiologie und Naturforschung als werthvolle Elemente des höheren Bildungsganges, wie ihn die Universität zu bieten und zu vermitteln hat, bewähren und einbürgern, dann genügt es keineswegs in dogmatischer Weise, ex cathedra, eine erklärende Uebersicht der Lebenserscheinungen zu geben und die fertigen Resultate der physiologischen Forschung mit mehr oder weniger rhetorischem Geschick und oratorischem Glanz zu besprechen. Es liegt vielmehr in der Eigenthümlichkeit des Gegenstandes, dass die so

Digitized by Google

mannichfaltigen und dem gewöhnlichen Sinne so unzugänglichen und fremdartigen Vorgänge, um deren Erkenntniss und Erklärung sich's handelt, klargelegt, und dass die Methoden und Hülfsmittel, welche die Forschung zur Erreichung ihrer Ziele anwendet, in unmittelbarer Anschauung dem Zuhörer dargeboten werden, wenn sie überhaupt jene aufklärenden und veredelnden Wirkungen in den Geistern hervorbringen und hinterlassen sollen, die von der eingehenden Beschäftigung mit den modernen Wissenschaften zu erwarten sind.

Es muss also von vornherein Vorsorge getroffen werden, dass alle die verschiedenartigen Demonstrationen einen ganz besonderen Grad von Ersichtlichkeit und Vollendung erhalten, dass das Vorlesungslokal ausreichende Dimensionen habe und mit eigenthümlichen Einrichtungen ad hoc versehen werde, welche dasselbe aus einem blossen Auditorium zugleich recht eigentlich zu einem Spektatorium zu machen geeignet sind.«

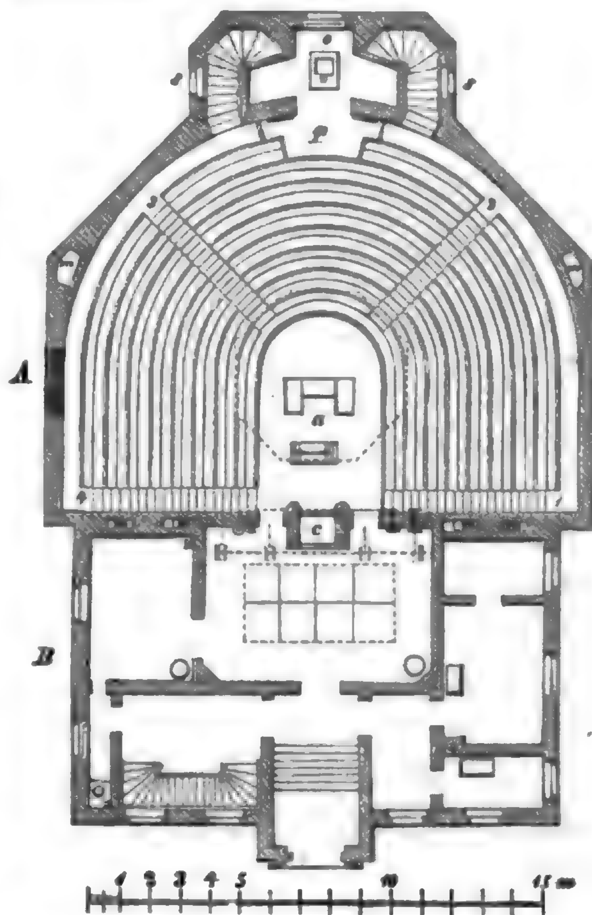



Fig. 431. Czermak's Spektatorium.
*A* Amphitheater; *B* Arbeits- und Wohnräume; *a* der centrale freie Raum im Amphitheater — die Arena für den Experimentator; *c* chemischer Herd; *o* das einfensterige optische Zimmerchen; *p* die Plattform vor demselben, auf welche die Projektionsapparate vorgeschoben werden; *ss'* die beiden Stiegenhäuser, welche auf die Höhe des Amphitheaters heraufführen; 1, 2, 3, 4 die Treppen, welche zu den Sitzreihen herabführen; *m m m m* Ventilationskanäle.

In der That ist der Czermak'sche Hörsaal ein mustergiltiger Raum für demonstrative Zwecke, wie ihn wol keine andere Universität ausser Leipzig besitzen dürfte. Unsere Schlussfigur 431 zeigt den Grundriss des Gebäudes, welches Czermak aus eigenen Mitteln erbaut und in seinen letzten Verfügungen der Universität als Vermächtniss zurückgelassen hat.

Das grosse Amphitheater (*A*) enthält über 500 Plätze, welche so geordnet sind, dass allen Zuhörern ein Ueberblick über das ganze Mittelfeld der Projektionswand ermöglicht ist; dieser Wand gegenüber befindet sich zwischen den beiden Treppenhäusern (*ss*) ein einfensteriger Raum *o*, welcher die optischen Apparate enthält; dieselben werden während des Vortrags auf eine vorspringende Plattform *p* herausgeschoben, um die vergrösserten Bilder der benutzten Photographien in scharfer

Zeichnung auf die erwähnte Wand zu werfen. Der zweite Theil (B) des Gebäudes enthält im unteren Stockwerke die Laboratorien, die Sammlungen, und die Bibliothek, während in dem Oberbau sich die von Czermak eingerichteten photographischen Arbeitszimmer befinden. Derselbe theilte vollkommen unsere Ansicht, dass vornehmlich mit Hülfe der Photographie, der Unterricht in den Naturwissenschaften zu gedeihlicher Blüte sich entfalten müsse, aber nur dann, wenn die Fachgenossen die in genannter Richtung so leistungsfähige Kunst zu schätzen und zu verwerthen beginnen. Er wollte neben der Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse eine Centralarbeitsstätte für die wissenschaftlich-praktische Verwerthung des Lichtes und der Photographie begründen und Gelegenheit zur Erlernung einer Kunst bieten, deren vielseitige Verwendung auf wissenschaftlichem Gebiete wir in diesem Werke nachzuweisen uns bemüht haben.

Es war unsere Absicht aus der früheren Entwicklung und dem gegenwärtigen Standpunkte eines wissenschaftlichen Gebietes, welches bis jetzt so wenig gekannt und so stiefmütterlich behandelt wurde, einen möglichst exakten Ueberblick zu geben und mit dieser Zusammenstellung in gedrängtester Kürze den Nachweis der photographischen Darstellungsmethoden in den verschiedensten Fächern der Wissenschaft zu liefern.

In der jetzigen Zeit tritt das Bestreben nach möglichst vollkommener und selbstthätiger technischer Leistung auf allen Gebieten, besonders aber bei der naturwissenschaftlichen Forschung in den Vordergrund. Die unentbehrliche künstlerische Beihülfe immer erst aus zweiter Hand zu empfangen, muss entschieden hemmend auf den Gang der Arbeit einwirken. Das wirkliche Leben einer echt wissenschaftlichen Beobachtung kann durch das Hineintragen eines zweiten fremden Gedankens vergiftet und ertödtet werden. Darum möge der naturwissenschaftliche Forscher seine Funde nicht nur durch das eigene Wort, sondern auch durch das selbstgeschaffene Bild nutzbar und segenbringend machen. Durch Einführung der wissenschaftlichen Photographie in die Praxis der exakten Forschung, wird unsere Erkenntniss von den ewigen Gesetzen der Natur immer mehr gefördert und ihrem einzigen Ziele, der *endgiltigen Feststellung der Naturwahrheiten*, näher gerückt werden.

---

Schluss des Werkes.

# ERKLÄRUNG DER TAFELN.

## Tafel 1 (Zur Einleitung).

**Allgemeine Leistungen der wissenschaftlichen Photographie. (Lichtdruck von Römler u. Jonas in Dresden.)**

Fig. 1. Blutgefässe des menschlichen Schädels (natürliches Injektionspräparat). Vgl. S. 307.

Fig. 2. Muskulatur des menschlichen Körpers (Wachspräparat). Vgl. S. 307.

Fig. 3. Nerven des menschlichen Schädels (natürliches Präparat). Vgl. S. 307.

Fig. 4. Schädel des Gorilla (Gipsabguss). Vgl. S. 425.

Fig. 5. Kehlkopf des Menschen (nach der Natur photographirtes Kehlkopfspiegelbild). Vgl. S. 424.

Fig. 6. Schädel des Schimpanse (natürliches Knochenpräparat). Vgl. S. 425.

Fig. 7. Weiblicher Gorilla (nach einem Wachsabgusse von Zeiller in Breslau). Vgl. S. 425.

Fig. 8. Angeborene Gaumenspalte (nach der Natur photographirt). Vgl. S. 387.

Fig. 9. Männlicher Gorilla (nach einem Wachsabgusse von Zeiller in Breslau). Vgl. S. 425.

Fig. 10. Sonne mit den Sonnenflecken (nach Rutherfurd). Vgl. S. 176—179.

Fig. 11. Kopf von Taenia mediocanellata (nach der Natur photographirt. Vergr. 25). Vgl. S. 345.

Fig. 12. Mond, erstes Viertel (nach Rutherfurd). Vgl. S. 195.

## Tafel 2 (Zu Kapitel IV).

**Das Lichtdruckatelier des Hofphotographen Albert in München (Albertotypie).**
Vgl. S. 129.

## Tafel 3 (Zu Kapitel IV).

**Heliographie (Photographischer Kupferdruck von G. Scamoni in St. Petersburg),**
die Engel der Sixtinischen Madonna von Raphael darstellend. Vgl. S. 134.

## Tafel 4 (Zu Kapitel IV).

**Photographischer Steindruck (Aubeldruck von Aubel u. Kaiser in Lindenhöhe bei Köln).**

1. Erbkämmererbrief (Verkleinerung).
2. Landkartenprobe. Vgl. S. 135.

## Tafel 5 (Zu Kapitel V, VI, VII). Titelbild.

**Astronomisch-photographische Abbildungen (Lichtdruck von Strumper u. Comp. in Hamburg).**

Fig. 1. Sonne mit Sonnenflecken, aufgenommen von Rutherfurd in New-York Vgl. S. 179.

Fig. 2. Sonnenfinsterniss vom 7. Aug. 1869. Aufgenommen gegen das Ende der Totalität von Dr. B. A. Gould in Burlington (Jowa), Vereinigte Staaten von Nordamerika. Vgl. S. 192.

Fig. 3. Sonnenfinsterniss vom 12. Dezember 1871. Bild der Corona. Aufgenommen in Tjilentap auf Java mit einem stationären Apparate und lichtstarkem Portrait-Objektiv von C. Dietrich, Photograph in Buitenzorg auf Java. (Expositionszeit 1/3 Sekunde). Vgl. S. 194.

Fig. 4. Photographisches Sonnenspektrum mit den Fraunhofer'schen Linien von *D* bis in die ultraviolette Region *P*. (Nach Photographien von H. Vogel in Berlin und Rutherfurd in New-York reproduzirt.) Vgl. S. 293.

Fig. 5 und 6. Mondphasen, von Rutherfurd in New-York aufgenommen. Erstes und letztes Viertel. Vgl. S. 198.

## Tafel 6 (Zu Kapitel VII).

**Spektralfarbentafel.**

Vgl. S. 271 bis 280.

Fig. 1. Sonnenspektrum.
Fig. 2. Spektrum des Sirius.
Fig. 3. Spektrum des Natrium.
Fig. 4. Spektrum des Strontium.
Fig. 5. Spektrum des Caesium.
Fig. 6. Spektrum des Rubidium.
Fig. 7. Spektrum des Sauerstoffs.
Fig. 8. Spektrum des Wasserstoffs.
Fig. 9. Spektrum des Stickstoffs.
Fig. 10. Spektrum des Kohlenstoffs.
Fig. 11. Absorptionsspektrum des Jod.
Fig. 12 u. 13. Spektra elektrischer Flammenbogen.

## Tafel 7 (Zu Kapitel VIII).

**Anatomische Tafel (Photographischer Pressendruck von Gemoser u. Waltl in München).**

Vgl. S. 307.

Schädel eines sechsjährigen Kindes (Knochenpräparat). An dem Ober- und Unterkiefer sind die Knochen so weggebrochen, dass man die Wurzeln der 20 Milchzähne und in der Umgebung dieser die Anlagen verschiedener Entwicklungsstadien der bleibenden Zähne sieht.

Von besonderem Interesse ist an dieser Abbildung das Verhältniss der Milchzahnwurzeln zur Entwicklung der bleibenden Zähne, indem man erkennt, dass die letzteren einen ziemlich hohen Grad der Ausbildung erlangt haben, ohne dass die Wurzeln der Milchzähne geschwunden sind.

## Tafel 8 (Zu Kapitel IX).

**Mikrophotographische Tafel für schwächere Vergrösserungen (Photographischer Schnellpressendruck von Brauneck u. Maier in Mainz. Negative vom Verfasser).**

Fig. 1. Querschnitt durch den Kehlkopf eines Kindes. Vergrösserung anderthalbmal. Aufgenommen mit dem Steinheil'schen Aplanat. (Nach einem Präparate von Prof. Gerlach in Erlangen.) Vgl. S. 369.

Fig. 2. Querschnitt durch den Unterschenkel eines sechsmonatlichen menschlichen Fötus. Vergrösserung zweif. linear. Aufgenommen mit dem Steinheil'schen Aplanat. (Nach einem Präparate von Prof. Gerlach in Erlangen.) Vgl. S. 369.

Fig. 3. Zunge der Katze. Injektionspräparat. Vergrösserung 50fach linear. Feine Blutgefässe der Zungenmuskulatur, der Drüschen und der Papillen. Aufgenommen mit dem Apparate Fig. 323. (Nach einem vom Verfasser angefertigten Objekte.) Vgl. S. 345.

Fig. 4. Theil vom Kopfe des Bandwurmes Taenia solium. Vgl. Fig. 11 Tafel I. Doppelter Hakenkranz. Vergrösserung 150fach linear. Aufgenommen mit dem Apparate Fig. 326. (Nach einem vom Verfasser angefertigten Präparate eines Cysticercus cellulosae.) Vgl. S. 348.

Fig. 5. Trichina spiralis intestinalis (Darmtrichine mit Brut. Die photographische Aufnahme ist im Momente des Ausschlüpfens der jungen Brut dargestellt. Von dem Mutterthier ist infolge der starken Vergrösserung nur das entsprechende Stück zur Anschauung gebracht worden. Vergrösserung 300fach linear. Aufgenommen mit dem Apparat Fig. 326, Seite 348. (Nach einem vom Verfasser angefertigten Präparate.)

Fig. 6. Navicula lyra. Vergrösserung 600fach linear. Aufgenommen mit dem Sonnenmikroskope, Fig. 327 Seite 349.

## Tafel 9 (Zu Kapitel IX).

**Mikroskopische Tafel für stärkere Vergrösserungen (Photographischer Schnellpressendruck von Brauneck u. Maier in Mainz, Negative mit dem Apparate Fig. 321, aufgenommen von Apotheker Meyer in Frankfurt a. M.)**

Vergl. S. 344.

Fig. 1. Pleurosigma angulatum. Vergrösserung 1500fach linear.

Fig. 2. Pleurosigma attenuatum. Vergrösserung 1500fach linear.

## Tafel 10 (Zu Kapitel IX).

**Mikrophotographie durch Vergrösserung des Originalnegatives mit Steinheil's Aplanat. Photolithographie vom photolithographischen Institute (H. Graap) in Weimar.**

(Vergrössertes Negativ vom Verfasser.)

Fig. 1. Pleurosigma angulatum. Vergrösserung 4500fach linear. Die Streifungen der in Fig. 1 Tafel IX ersichtlichen Figuren lösen sich in Ringe auf. Vgl. S. 370.

Fig. 2. Dasselbe Präparat bei 27000facher Linearvergrösserung, erzielt mit dem Steinheil'schen Aplanat. Vgl. S. 369.

## Tafel 11 (Zu Kapitel XI).

**Photogrammetrische Tafel.** (Vgl. S. 430.)

Zeichnung von H. W. Fabian. Die photographische Ausführung in blauer Farbe wurde mittels lichtempfindlichem »Papier ferro-prussiate« gewonnen. (Siehe Seite 119.)

## Tafel 12 (Zu Kapitel XI).

**Photographische Landkartenprobe.**

Photolithographie vom photolithographischen Institute zu Weimar (H. Graap), darstellend eine Karte des süddeutsch-österreichischen Berglandes. (Vergl. S. 448.)

---

# BENUTZTE LITERATUR.


Ausstellungsberichte, Offizielle (Wiener), Heft 32 u. 35. Wien 1873.
Beale, How to work with the microscope, London 1868.
Benecke, Lehrbuch der mikroskopischen Photographie, Braunschweig 1868.
Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien. Sechs Bände. Sechste Auflage. Leipzig 1872—1875.
Czermak, der Kehlkopfspiegel, Leipzig 1863.
- das physiologische Privatlaboratorium, Leipzig 1873.
- das Herz, Leipzig 1873.
Darwin, Ausdruck der Gemüthsbewegungen etc., Stuttgart 1872.
Figuier, Les merveilles de la science, Paris 1868.
Frey, Das Mikroskop, Leipzig 1871.
Gerhardt, Lehrbuch der Auskultation und Perkussion, Tübingen 1871.
Gerlach, Die Photographie als Hülfsmittel mikroskopischer Forschung, Leipzig 1863.
Guillemin, Physique, Paris 1868.
- Le ciel, Paris 1874.
Haeckel, Ziele und Wege der heutigen Entwicklungsgeschichte, Jena 1875.
Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik, Leipzig 1867.
Henke, Zeichnen und Sehen, Berlin 1871.
Hornig, Photographische Korrespondenz, Wien, Jahrgang 1868—1875.
Jouart, Application de la photographie aux levées militaires, Paris 1866.
Kleffel, Das Neueste auf dem Gebiete der Photographie, Leipzig 1870.
Krippendorf, Die Photographie als Unterrichtsgegenstand, Aarau 1873.
Liesegang, Photogr. Archiv, Berlin, Jahrgang 1863—75.
Marey, Physiologie expérimentale, Paris 1875.
Moigno, Art des projections, Paris 1872.
Monkhoven-Weiske, Photographie auf Kollodion, Leipzig 1862.
Monkhoven-de Roth, Handbuch der Photographie, Leipzig 1864.
Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik, Braunschweig 1868.
Müller, Kosmische Physik, Braunschweig 1868.
Peters, Die Entfernung der Erde von der Sonne, Berlin 1873.
Ranke, Grundzüge der Physiologie, Leipzig 1868.
Reichardt und Stürenberg, Mikroskopische Photographie, Leipzig 1868.
Report of the british association, Aberdeen 1859.
Report of the meteorological committee of the royal society, London 1868.
Roscoe, Die Spektralanalyse, Braunschweig 1873.
Roth, K. de, Neueste Fortschritte etc., Leipzig 1868.
Scamoni, Heliographie, Berlin 1872.
Schellen, Spektralanalyse, Braunschweig 1871.
Schnauss, Photographisches Lexikon, Leipzig 1864.
Secchi, Die Sonne etc., deutsch von Dr. H. Schellen, Braunschweig 1872.
Tyndall, Der Schall, Braunschweig 1874.
Tyndall, Das Licht, Braunschweig 1876.
Ule, Sternenwelt, Leipzig 1876.
Valentin, Grundriss der Physiologie, Braunschweig 1855.
Vogel, Lehrbuch der Photographie, Berlin 1870.
- Wirkungen des Lichtes, Leipzig 1874.
- Photographische Mittheilungen, Berlin, Jahrgang 1866—75.
Zehender, Der Augenspiegel, Leipzig 1868.
Zenker, Lehrbuch der Photochromie, Berlin 1868.

# SACH- UND NAMENREGISTER.

---

## Berichtigungen.

Seite 9 Zeile 9 v. u. l. unterschwefligsaures statt unterschweflichsaures.
- 24 - 16 v. u. l. die einzelnen statt den einzelnen.
- 48 - 4 v. o. l. Fraunhofer statt Frauenhofer.
Derselbe Fehler ist zu korrigiren auf S. 266, 267 u. 271.
- 89 - 19 v. o. l. Cyankalium statt Cyankali; ebenso S. 94 Zeile 9 und 12 v. u.
- 102 - 12 v. u. l. Jodkalium statt Jodkali.
- 208 - 14 v. u. l. nach Stokes statt nach Roscoe.
- 361 - 16 v. u. l. Gerlach's Schema eines Kondensators statt Gerlach's Kondensator.
- 428 in der Ueberschrift zum Elften Kapitel l. Militaerphotographie statt Militaer-Photographie.
- 310 auf Fig. 288 fehlt an den bei *f* beginnenden Hebel rechts das *e*.

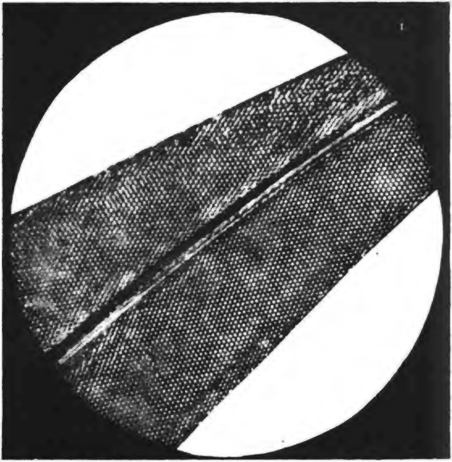
---

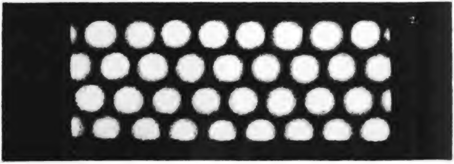
Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

**Taf. I.**

Unveränderlicher Lichtdruck.
RÖMMLER & JONAS
DRESDEN

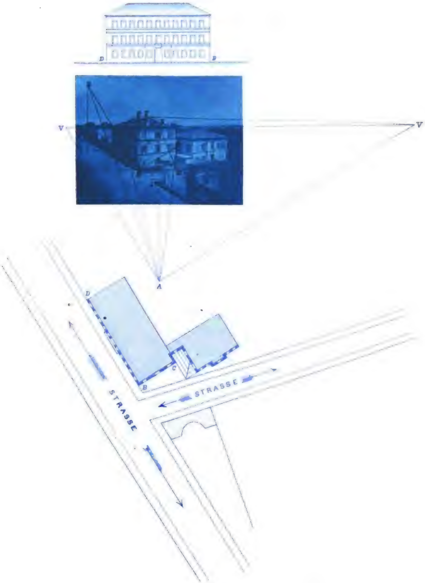
Digitized by Google




Photolithographisches Institut, H Graap in Weimar.

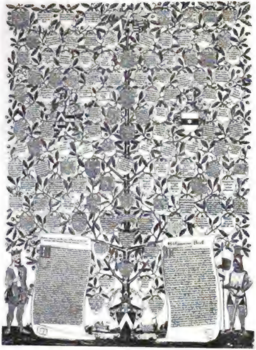
Digitized by Google




Photogrammetrische Tafel.

Taf. XII

Digitized by Google

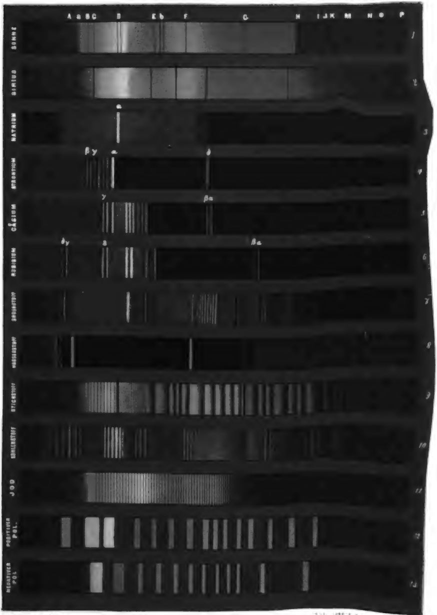


Erbkämmererbrief.

Landkartenprobe.

AUBELDRUCK-ANSTALT. AUBEL & KAISER LINDENHÖHE BEI CÖLN.

Digitized by Google




Stein Das Licht etc.

Leipzig Verlag von Otto Spamer

SPEKTRAL-TAFEL

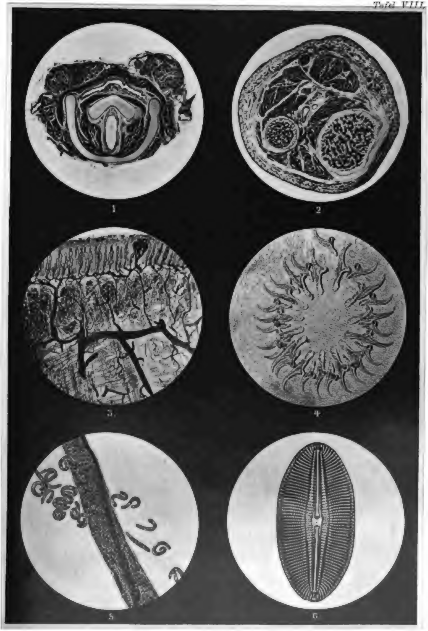
Lith. u. Druck v. H. Arnold Leipzig

Digitized by Google

Photographischer Pressendruck von Gemoser & Waltl in München.

Stein's Photographie. Leipzig, Verlag von Otto Spamer.

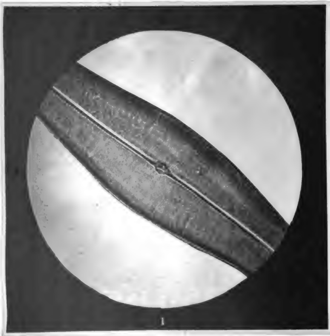
Digitized by Google



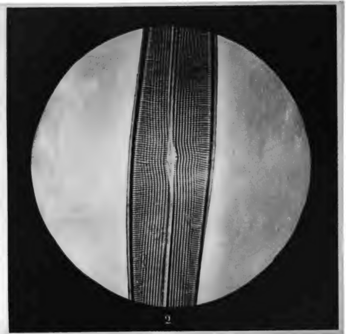
Photogr. Schnellpressendruck von Brauneck & Maier in Mainz.



Digitized by Google



1



2

Photogr. Schnellpressendruck von Brauneck & Maier in Mainz.

Leipzig. Verlag von Otto Spamer.

Lichtdruck-Anstalt von J. Albert in München.

*Stein's Photographie.* *Leipzig, Verlag von Otto Spamer.*

Digitized by Google

Digitized by Google

gemalt von Rafael — Heliographische Reproduction von G. Scamoni in St. Petersburg

DIE ENGEL DER MADONNA DES H. SIXTUS

Digitized by Google

32101 067208015

Digitized by Google